ORTAÖĞRETİM

FİZİK

11. Sınıf

Ders Kitabı

Yazarlar
Dr. Belgin SÖNMEZ
Dr. Gülbeden ÇAKMAK
Mesut KESKİN
Murat İZKAVAS
Şeyda BOZARSLAN

DEVLET KİTAPLARI
...................................., 2023

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI .... : 9519
DERS KİTAPLARI DİZİSİ .... : 1962

Editör
Prof. Dr. Hayriye SUNDU PAMUK

Dil Uzmanları
Nermin HELVACI
Oğuz ŞENSES

Program Geliştirme Uzmanı
Dr. Şenil KILIÇ

Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı
Elif AY EMANET

Rehberlik Uzmanı
Elif TUNÇEL

Görsel Tasarımcılar
Ahmet Kemal KAVUKÇU
Gökhan OSKAY
İhsan Kubilay AVŞAR
Ömer Faruk ÖZDEMİR

Baskı
Matbaa Adı ve
Ticari Ünvanı
Tel: (000) 000 00 00

ISBN 978-975-11-7787-2

Millî Eğitim Bakanlığı, Talim ve Terbiye Kurulunun 30.01.2024 gün ve 95439930 sayılı kararı ile ders kitabı olarak kabul edilmiştir.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

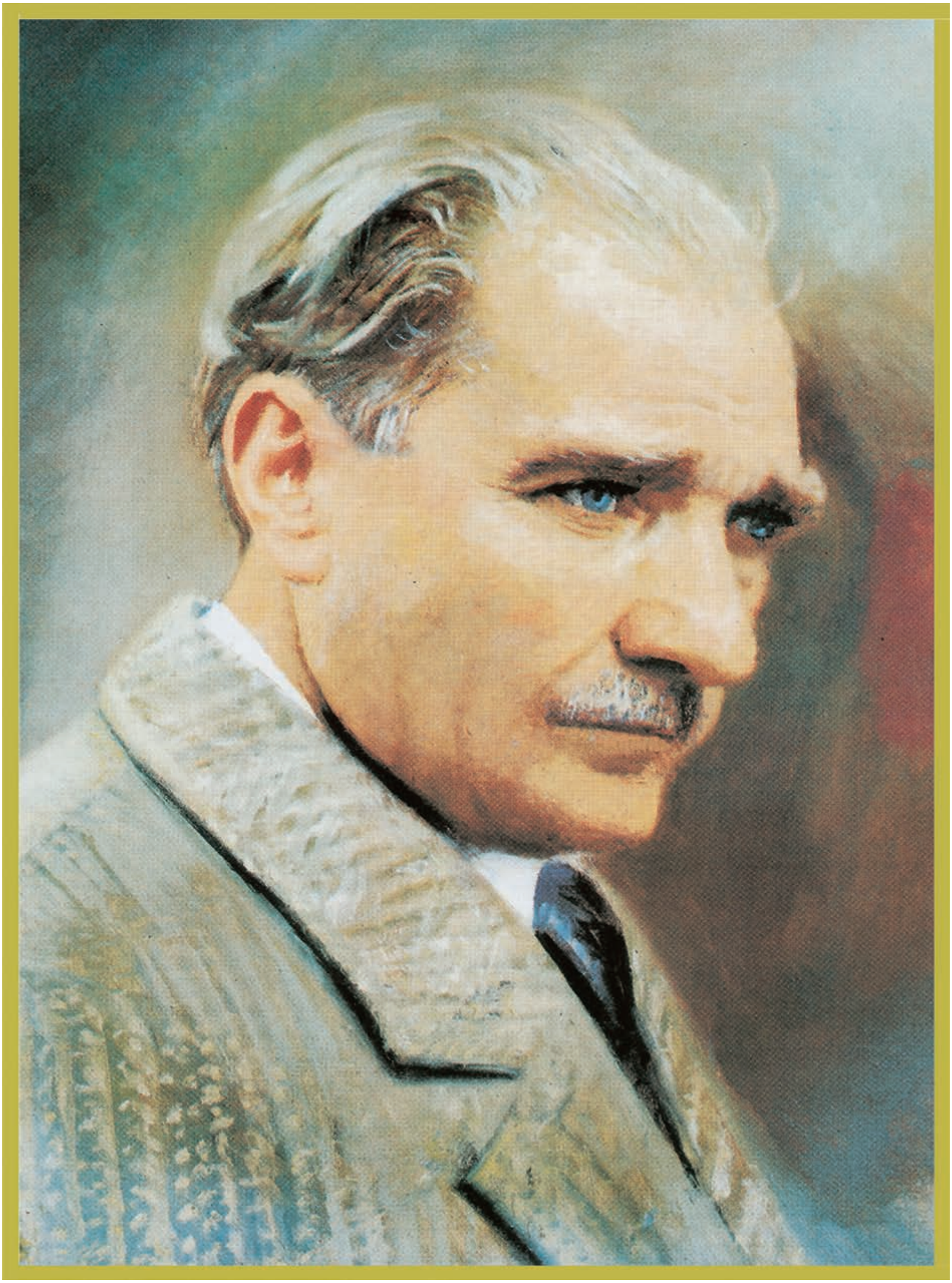
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

KİTABIN TANITIMI

Ünite numarasını gösterir.

Ünite adını gösterir.

Ünitede öğrenilecek kavramları gösterir.

Ünitede yer alan konuları gösterir.



Ünite sunusuna ulaşabileceğiniz karekodu gösterir.

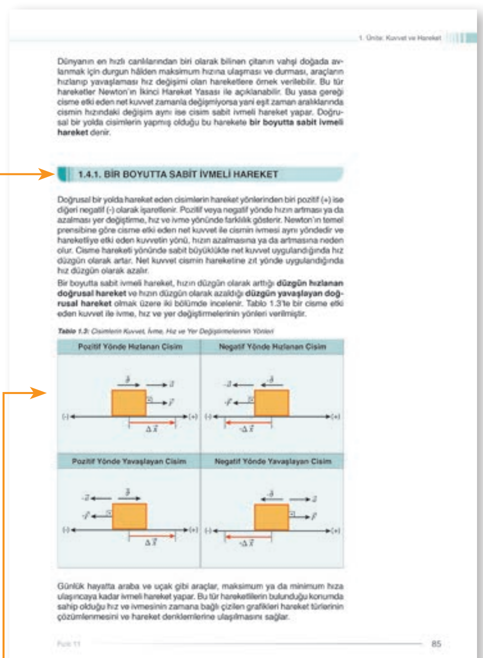
Karekod okuyucu ile taratarak etkileşimli kitap, simülasyon, soru vb. ilave kaynaklara ulaşabileceğiniz karekodu gösterir.

Öğrencinin konuyla ilgili ön bilgilerinin ve düşüncelerinin harekete geçirildiği hazırlık bölümünü gösterir.

Bölüm numarası ve adını gösterir.

Konu başlığını gösterir.

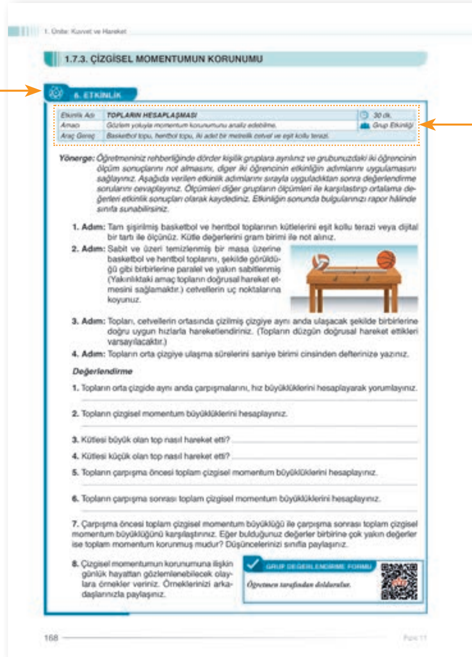




(*) Metnin, yazıldığı dönemin yazım ve noktalama kurallarına sadık kalınarak alındığını, günümüz yazım ve noktalama kurallarına göre değişiklik yapılmadığını gösterir.

Konu ile ilgili sınıflandırmaların görselleştirildiği tabloyu gösterir.

Öğrencide beklenen bilgi, beceri, tutum ve değerleri kazandırmak amacıyla bireysel ya da grup olarak yapılabilecek etkinlik çalışmasını gösterir.

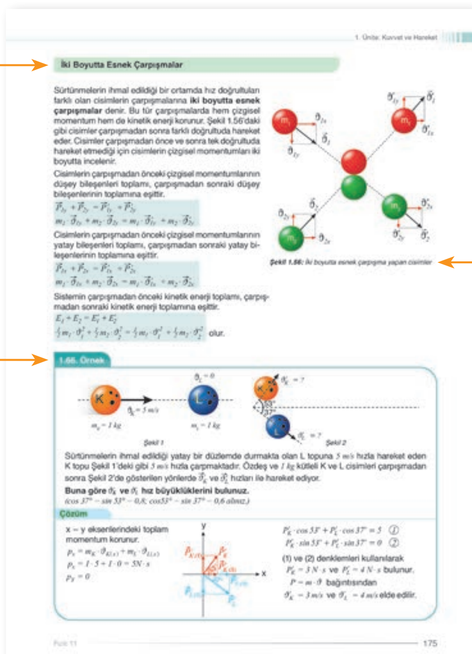


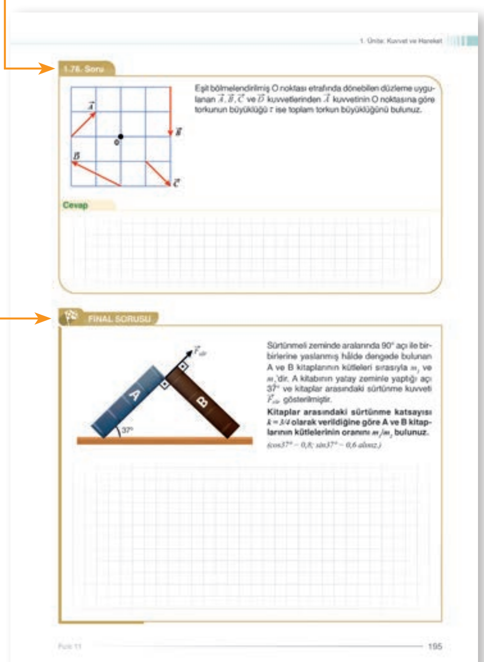
Etkinlik ile ilgili bilgileri tablo içerisinde gösterir.

Konunun pekiştirilmesi amacıyla hazırlanmış soruyu gösterir.

Konu alt başlığını gösterir.

Konuyla ilgili şekli gösterir.



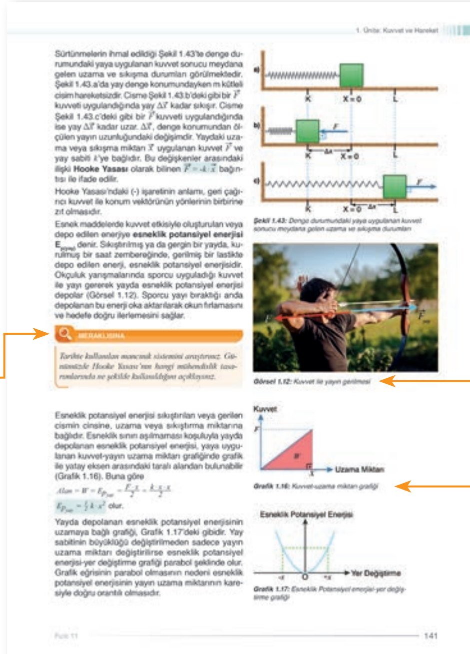


Bölüm kazanımlarının ölçülmesi amacıyla hazırlanmış final sorusunu gösterir.

Konunun daha iyi kavranması için hazırlanmış çözümlü soru örneğini gösterir.

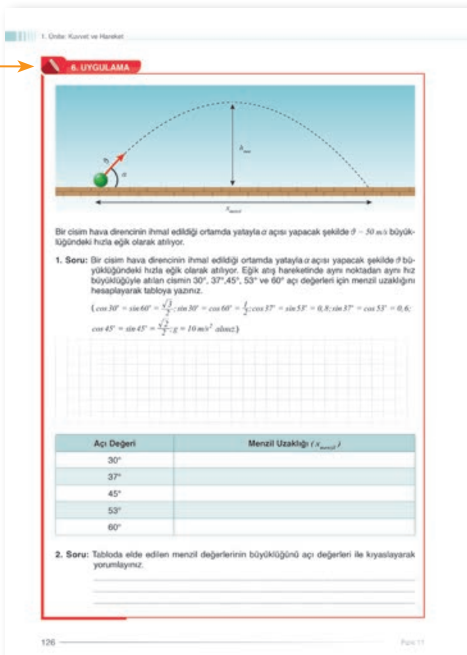
Öğrenmeyi desteklemek için günlük hayattan seçilmiş görseli gösterir.

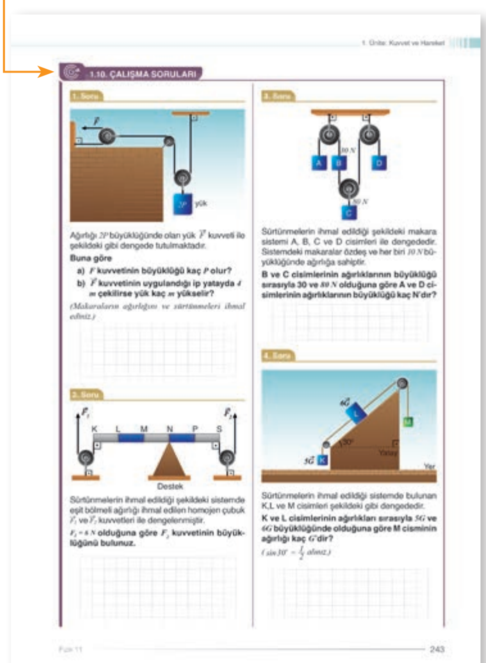
Konunun pekiştirilmesi amacıyla hazırlanmış araştırma konusunu gösterir.



Konuyla ilgili grafiği gösterir.

Her bölümün sonunda yer alan kazanımlara yönelik ölçme ve değerlendirme faaliyetlerini gösterir.





Kazanıma ilişkin pekiştirici özelliğindeki uygulama çalışmalarını gösterir.

UYARI VE GÜVENLİK İŞARETLERİ

KIRILABİLİR CAM UYARISI



Cam araç ve gereçlerinin kırılabileceğini gösteren bu işaret, bu gereçleri kullanırken aşırı ısıtılmamasını ve ani değişikliklere maruz bırakılmamasını ifade eder.

ISI GÜVENLİĞİ



Yapılacak işlemde çok sıcak bir yüzeyin veya ısıtıcının olumsuz etkilerinden korunmak için ısıya dayanıklı eldiven kullanmak gerektiğini ifade eder.

ELEKTRİK UYARISI



Bu işaret, yapılacak işlemlerde elektriğin şehir hattından kullanılmasının gerekliliğini; güç kaynağı kullanılırken iletken kısımlara dokunmanın tehlikeli olacağını ifade eder.

TOKSİK (ZEHİRLİ) MADDE UYARISI



Toksit maddeler, ağız, deri ve solunum yolu ile zehirlenmelere neden olur. Vücut ile temas ettirilmemelidir. Zehirlenme belirtileri görüldüğünde tıbbi yardım alınmalıdır.

SICAK CİSİM UYARISI



Bu güvenlik işareti, bir ısıtıcı ya da sıcak bir yüzeyin varlığını belirtir. Bu sıcak yüzeylere temas hâlinde insana ait uzuvların yanma riski bulunduğunu ifade eder.

ELBİSE GÜVENLİĞİ



Deneylerde kullanılan kimyasal maddelerin insanların üzerine sıçraması riskine karşılık koruyucu önlük veya tulum giyilmesinin önemini belirtir.

GÖZ GÜVENLİĞİ



Deney yapma esnasında koruyucu gözlük takmak gereğini ifade eder. Koruyucu gözlük takılmaması hâlinde göz sağlığına çok ciddi hasarlar vereceğini ifade eder.

YANGIN UYARISI



Yangın riski olduğunu, yangın tehlikesine karşı gerekli olan tedbirlerin mutlaka alınmasını ifade eder.

OKSİTLEYİCİ, YAKICI MADDE UYARISI



Havasız ortamda bile yanabilirler. Yanabilen maddelerle karıştırılırsa patlayabilir. Tutuşturucularla temasının önlenmesi gerektiğini ifade eder.

KOROZİF (AŞINDIRICI) UYARISI



Metalleri ve canlı dokuları aşındırabilen maddelerden uzak durulmalıdır. Göz ve deriyi korumak için gerekli tedbirler alınmalıdır.

PATLAYICI MADDE UYARISI



Patlama riski bulunan maddelerdir. Sürtünme, darbeye maruz kalma ve ateşle temas etmesi durumlarında patlayabileceğini ifade eder.

TAHRİŞ EDİCİ MADDE UYARISI



Alerjik deri değişimlerine sebep olur. Ozon tabakasına zarar verebilir. Bu maddelere temas etmekten kaçınılmalıdır.

1. Ünite

KUVVET VE HAREKET

ANAHTAR KAVRAMLAR

- Vektör
- Bağıl Hareket
- İvmeli Hareket
- Serbest Düşme
- Limit Hız
- Düşey Atış
- Yatay Atış
- Eğik Atış
- Enerji
- Hooke (Huk) Yasası
- İtme
- Çizgisel Momentum
- Çizgisel Momentumun Korunumu
- Tork
- Denge
- Ağırlık Merkezi
- Kütle Merkezi

KONULAR

- 1.1. VEKTÖRLER
- 1.2. BAĞIL HAREKET
- 1.3. NEWTON'IN HAREKET YASALARI
- 1.4. BİR BOYUTTA SABİT İVMELİ HAREKET
- 1.5. İKİ BOYUTTA HAREKET
- 1.6. ENERJİ VE HAREKET
- 1.7. İTME VE ÇİZGİSEL MOMENTUM
- 1.8. TORK
- 1.9. DENGE VE DENGE ŞARTLARI
- 1.10. BASİT MAKİNELER



Ünite sunusu

EBA içerik

1.1. VEKTÖRLER

HAZIR MISINIZ?

YEŞİLÇAM

Yönetmenliğini Ertem Eğilmez'in yaptığı 1974 yapımı sinema filminde ellerindeki define haritası ile altın arayan Kayserili kardeşleri Zeki Alasya, Metin Akpınar, Kemal Sunal ve Halit Akçatepe canlandırmıştır.

Filmde ailenin akıl küpü Saffet (Kemal Sunal), harita üzerinde işaretlenen noktadaki saatli taşı bulur. Kardeşi ve iki ağabeyini "Koşun, gelin, buldum buldum!" diye çağırır. Daha sonra ağabey Hayret (Metin Akpınar) "Saatli taşa sırtımızı verip 140 adım yürüyeceğiz." deyince kardeşlerin en küçüğü Gayret (Halit Akçatepe) "İyi ama hangi tarafa yürüyeceğiz?" diye sorar. Kardeşlerin en büyüğü Himmet ağabey (Zeki Alasya) "Her birimiz bir tarafa yürüyeceğiz." der. Onlar da sırtlarını saatli taşa dayarlar ve her biri ayrı yöne doğru yürür.

1. soru: Ağabey Hayret'in "Saatli taşa sırtımızı verip 140 adım yürüyeceğiz." cümlesinde geçen "140 adım" ifadesi fizik biliminde hangi fiziksel büyüklüğe karşılık gelmektedir?

....

....

....

2. soru: Gayret'in "İyi ama hangi tarafa yürüyeceğiz?" sorusunu sormasının nedeni nedir?

....

....

....

3. soru: Filmde geçen "saatli taş", fizikte kullanılan hangi kavrama karşılık gelmektedir?

....

....

....

4. soru: Vektörel büyüklüklerden hız, kuvvet, yer değiştirme ve ağırlık kavramlarını kullanarak metindeki anlatımla benzerlik gösteren kısa bir film senaryosu yazınız.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

1.1.1. VEKTÖRLER VE ÖZELLİKLERİ

Günlük hayatta manavdan 3 kg elma istediğinizde bu talebinizde yön belirtmeniz gerekli değildir. Fakat eczane arayan bir kişi, karşılaştığı birine eczanenin yerini sorduğunda sorduğu kişiden eczaneyi 50 m uzakta görebileceği cevabını alırsa bu anlamlı bir bilgi olmayacaktır. Sorulacak ikinci soru “Hangi tarafta?” olacaktır. Burada eczanenin konumunun yön ile de ifade edilmesi gerekir.

Fizik biliminde büyüklükler, temel ve türetilmiş büyüklük olarak sınıflandırılmasının yanı sıra skaler büyüklük ve vektörel büyüklük olarak da sınıflandırılır.

Skaler büyüklükler, sadece sayısal değer ve birimle ifade edilebilen büyüklüklerdir. 3 kg elma, 2 L süt, 200 m^2 arsa, 5 s vb.

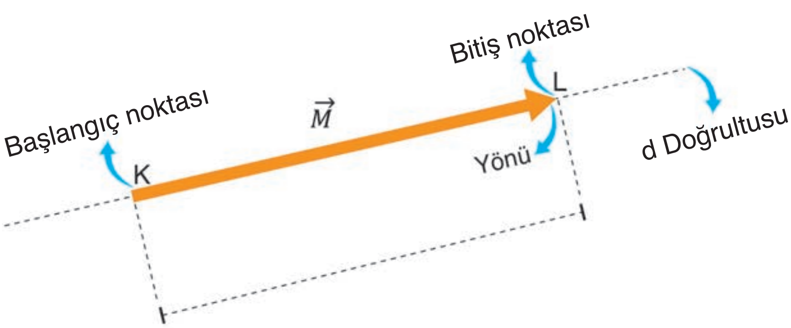
Vektörel büyüklükler ise sadece sayısal değer ve birimle ifade edildiğinde tam olarak açıklanamayan büyüklüklerdir. Vektörel büyüklüklerde sayı değeri ve birimin yanı sıra yön bilgisinin de verilmesi gereklidir. Konum, hız, kuvvet, yer değiştirme, ağırlık vb.

Vektörel büyüklükler, yönlendirilmiş doğru parçalarıyla ve onu ifade eden sembol üzerine ok işareti (→) eklenerek gösterilir. Bir büyüklüğün vektörel büyüklük olarak tanımlanabilmesi için

1. Başlangıç noktası (uygulama noktası),
2. Doğrultusu,
3. Yönü,
4. Büyüklüğü (şiddeti) olmak üzere dört temel bilgiyi içermesi gerekir.

MERAK UYANDIRAN SORULAR

- *Navigasyon (yolbul) cihazlarının bizi varmak istediğimiz konuma ulaştırırken kullandığı cümleler nelerdir?*
- *Manava 2 kg domates istediğinizi söylediğinizde manavın size “Hangi yöne?” şeklinde bir soru ile karşılık verme olasılığı yüzde kaçtır?*



Şekil 1.1: *$\vec{M}$ vektörünün gösterimi ve özellikleri*

Şekil 1.1’de görüldüğü gibi $\vec{M}$ vektörünün başlangıç noktası K, doğrultusu d, yönü K noktasından L noktasına doğrudur. Vektörün büyüklüğü ise başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki uzunluğa karşılık gelir. Vektörün büyüklüğü M veya $|\vec{M}|$ sembolleriyle ifade edilir.

Herhangi iki vektörün doğrultusu, yönü ve büyüklüğü aynı ise **eşit vektör;** doğrultusu ve büyüklüğü aynı ama yönü birbirine ters ise **ters** ya da **zıt vektör** olarak adlandırılır. Vektörler herhangi bir skaler (sayı) ile çarpıldığında büyüklüğü veya yönü değişebilir.

Örneğin Şekil 1.2’de kenarları 1 birim olarak bölmelendirilmiş düzlem üzerindeki vektörler arasında

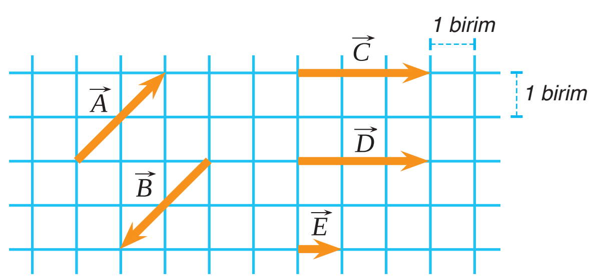
$\vec{C} = \vec{D}$ eşit vektörler,

$\vec{A}$ ve $\vec{B}$ *ters vektörler,*

$\vec{A} = -\vec{B}$ eşit vektörler,

$\vec{C} = \vec{D} = 3\vec{E}$

ilişkisi bulunur.



Şekil 1.2: *Birim kareler üzerindeki $\vec{A}$, $\vec{B}$, $\vec{C}$, $\vec{D}$ ve $\vec{E}$ vektörleri*

1. UYGULAMA

Yönerge: *Aşağıdaki soruları metne göre cevaplayınız.*

Vektör sözcüğünün farklı alanlarda birçok tanımı vardır. Matematik ve fizik disiplininde ortak kullanılan "vektör" terimi, Yunan matematikçi Öklid'in (Öklit) isminden alınmıştır. Vektör, fizik biliminde "Büyüklüğü ile yönü olan nicelik." olarak tanımlanır.

Vektör genellikle ok şeklinde çizilir. Okun işaret ettiği yer vektörün yönünü, uzunluğu ise vektörün büyüklüğünü belirtir. Bir vektör ve onun temsil ettiği büyüklük bu şekilde modellenmiş olur. Kâğıt üzerinde gösterilebilen vektörel bir nicelikle dört işlem de yapılabilir. Skaler bir nicelik, sadece sayı ve birimden ibaret olduğu için onunla işlem yapmak kolaydır. Örneğin bir cismin kütlesinin miktarı bir sayı ve sayı birimiyle ifade edilebilir. Kütlenin sadece sayısal bir değeri vardır, yönü yoktur. Fizikte sıkça kullanılan hız ve kuvvet gibi bazı nicelikler ise skaler niceliklerden farklıdır. Bu gibi nicelikler yön ile anlam kazandığı için sadece sayısal değerle belirlenemez. Bu tür niceliklerin büyüklüklerinin yanı sıra yönleri de vardır.

Sorular

1. Aşağıdaki paragrafın boş bırakılan bölümlerine uygun kavramları yazınız.

Fizikte kullanılan bazı nicelikler sadece .... ifade edilebilir. Kütle, sıcaklık, enerji, zaman gibi sadece büyüklükleriyle ifade edilebilen fiziksel nicelikler .... olarak adlandırılır. Bu niceliklerle ...., çıkarma, ... ve .... işlemleri basitçe yapılabilir. .... niceliklerle işlem yaparken sadece büyüklüklerini yani sayısal değerlerini göz önünde bulundurmak yeterlidir.

2. Vektörlerin hangi özelliği hız kavramını anlamlı hâle getirir?

....
....
....
....
....
....
....
....
....

3. Fizik biliminde vektörler kullanılmadan anlatıldığını düşündüğünüz bir konu var mı? Cevabınız evet ise bu duruma hangi konu örnek gösterilebilir?

....
....
....
....
....
....
....
....
....

1.1. Örnek



Şekilde Ankara'nın Dikmen Mahallesi'nde çeşitli noktalara hediye paketi taşıyan bir kişinin bu dağıtım için kullandığı harita eşit bölmelendirilmiştir. Bu kişi, hediye paketini bir noktadan alıp teslim edeceği adrese bırakacaktır. Bunun için yaptığı yer değiştirmeleri renkli $\vec{X}$, $\vec{Y}$, $\vec{Z}$ ve $\vec{T}$ vektörleri ile gösterilmiştir.

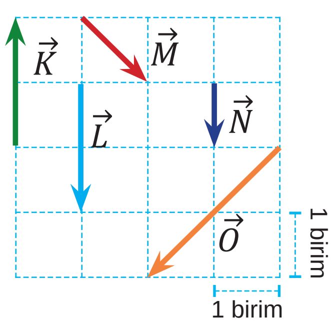
Şekildeki $\vec{X}$, $\vec{Y}$, $\vec{Z}$ ve $\vec{T}$ yer değiştirme vektörlerini, vektör özelliklerini dikkate alarak karşılaştırınız.

Çözüm

Hediye paketi dağıtımı yapan kişinin yaptığı yer değiştirmeleri ile vektör özellikleri ilişkilendirildiğinde aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir.

- $\vec{X}$ ve $\vec{T}$ vektörlerinin doğrultuları aynıdır ve yönleri zıttır.
- $\vec{X}$ vektörünün büyüklüğünün yarısı, $\vec{T}$ vektörünün büyüklüğüne eşittir.
- $\vec{Y}$ ve $\vec{Z}$ vektörlerinin başlangıç noktaları aynıdır.
- $\vec{Z}$ ve $\vec{T}$ vektörlerinin bitiş noktaları aynıdır.
- Büyüklükleri birbirine eşit olan vektör yoktur.

1.1. Soru



Yandaki eşit bölmeli düzlem üzerinde $\vec{K}$, $\vec{L}$, $\vec{M}$, $\vec{N}$ ve $\vec{O}$ vektörleri verilmiştir.

Buna göre

I. $\vec{K}$ vektörünün büyüklüğünün yarısı, $\vec{N}$ vektörünün büyüklüğüne eşit olur.

II. $2\vec{M}$ vektörünün büyüklüğü, $\vec{O}$ vektörünün büyüklüğüne eşit olur.

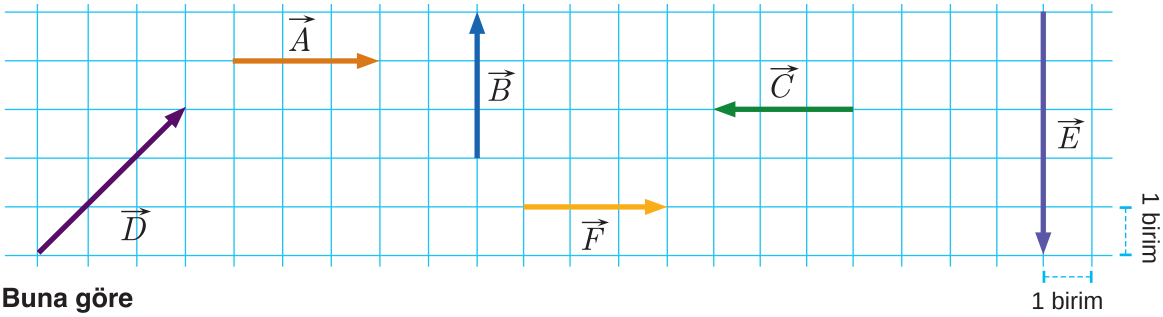
III. $\frac{3}{2}\vec{L}$ vektörü ile $3\vec{N}$ vektörü eşit vektörlerdir.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

Cevap

1.2. Soru

Eşit bölmeli düzlem üzerindeki $\vec{A}$, $\vec{B}$, $\vec{C}$, $\vec{D}$, $\vec{E}$ ve $\vec{F}$ vektörleri şekildeki gibidir.



Buna göre

I. $\vec{A}$ vektörü ile $\vec{C}$ vektörü eşit vektörlerdir.

II. $2\vec{B}$ vektörünün büyüklüğü, $\vec{E}$ vektörünün büyüklüğüne eşittir.

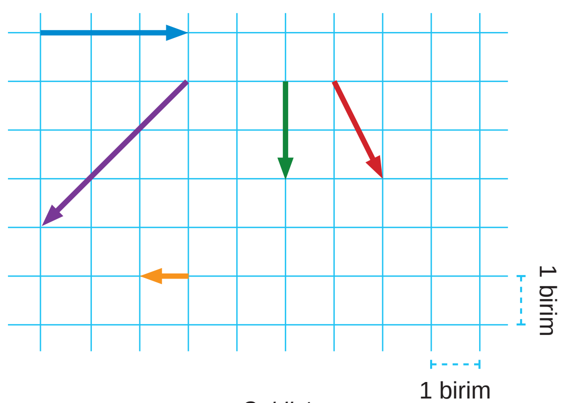
III. $\vec{D}$ vektörünün büyüklüğü, $\vec{C}$ vektörünün büyüklüğünün $\sqrt{2}$ katıdır.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

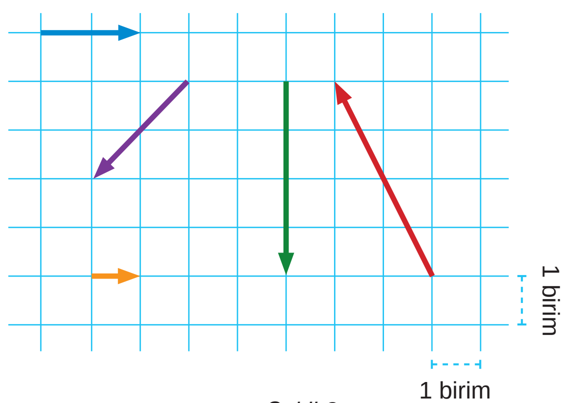
Cevap

1.3. Soru

Vektörler üzerinde yapılan skaler bir sayı ile çarpma ve bölme işlemleri sonucu vektörlerde meydana gelen değişimi araştıran öğrenci, aşağıdaki şekilleri incelemektedir. Şekil 1'de aynı renklerdeki vektörlerin ilk hâlleri, Şekil 2'de ise son hâlleri gösterilmektedir.



Şekil 1



Şekil 2

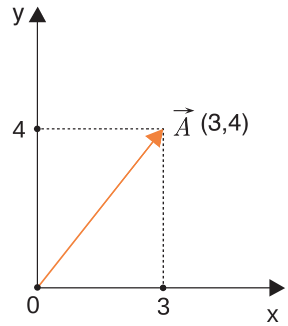
Öğrenci, şekilleri inceledikten sonra vektörlerle ilgili hangi genellemelere ulaşabilir? Açıklayınız.

Cevap

1.1.2. İKİ VE ÜÇ BOYUTLU KARTEZYEN KOORDİNAT SİSTEMİNDE VEKTÖR ÇİZİMİ

İki boyutlu (x, y) kartezyen koordinat sistemi, birbirine dik iki eksenden oluşur ve iki boyutlu olayın bir düzlemde gerçekleştiğini ifade eder.

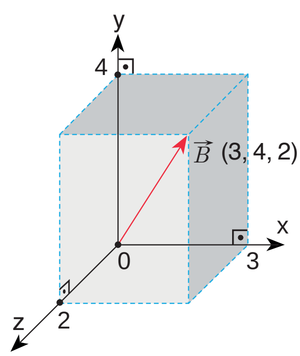
İki boyutlu kartezyen koordinat sisteminde koordinatları (3,4) olarak verilen bir $\vec{A}$ vektörü çizilirken $\vec{A}$ vektörünün x eksenindeki koordinatı olan 3 ve y eksenindeki koordinatı olan 4 noktalarının yerleri işaretlenir. İşaretli noktalardan eksenlere paralel doğrular çizilir ve doğruların kesiştiği nokta belirlenir. Bu kesişim noktası $\vec{A}$ vektörünün bitiş noktası, orijin ise $\vec{A}$ vektörünün başlangıç noktası olacak şekilde vektörün çizimi yapılır (Şekil 1.3).



***Şekil 1.3:** İki boyutlu kartezyen koordinat sisteminde vektör gösterimi*

Üç boyutlu (x, y, z) kartezyen koordinat sistemi birbirine dik üç eksenden oluşur ve üç boyutlu olayın uzayda gerçekleştiğini ifade eder.

Üç boyutlu kartezyen koordinat sisteminde koordinatları (3, 4, 2) olarak verilen bir $\vec{B}$ vektörü çizilirken x, y ve z ekseni üzerinde koordinatları sırasıyla 3, 4 ve 2 olan noktalar belirlenerek bir dikdörtgenler prizması çizilir. Prizmanın orijininden çizilen cisim köşegeni $\vec{B}$ vektörünü oluşturur (Şekil 1.4).



***Şekil 1.4:** Üç boyutlu kartezyen koordinat sisteminde vektör gösterimi*

MERAKLISINA

Üç boyutlu kartezyen koordinat sistemi 3 boyutlu modellemede kullanılır.

***3B:** 3 boyutlu bir nesnenin veya şeklin matematiksel bir temsilini oluşturmak için yazılım kullanma sürecidir. Oluşturulan nesneye **3D model** denir.*

3D modeli için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

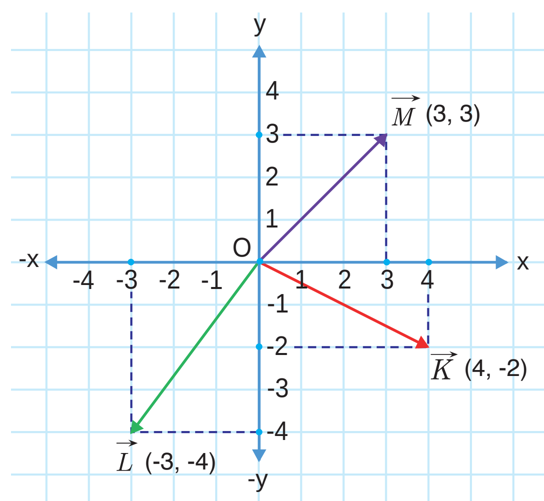
Konu ile ilgili simülasyon için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

1.2. Örnek

$\vec{K}(4,-2)$, $\vec{L}(-3,-4)$ ve $\vec{M}(3,3)$ vektörlerini iki boyutlu kartezyen koordinat sisteminde çiziniz.

Çözüm

$\vec{K}$, $\vec{L}$ ve $\vec{M}$ vektörlerinin iki boyutlu kartezyen koordinat sisteminde çizilmesi için x-y koordinatları için verilen noktalar her bir vektör için ayrı ayrı düzlemde işaretlenir. İşaretlenen bu noktalar vektörlerin bitiş noktasıdır. Orijin ise başlangıç noktasıdır. Orijinden bitiş noktasına yönlendirilen doğrular $\vec{K}$, $\vec{L}$ ve $\vec{M}$ vektörlerini ifade eder.



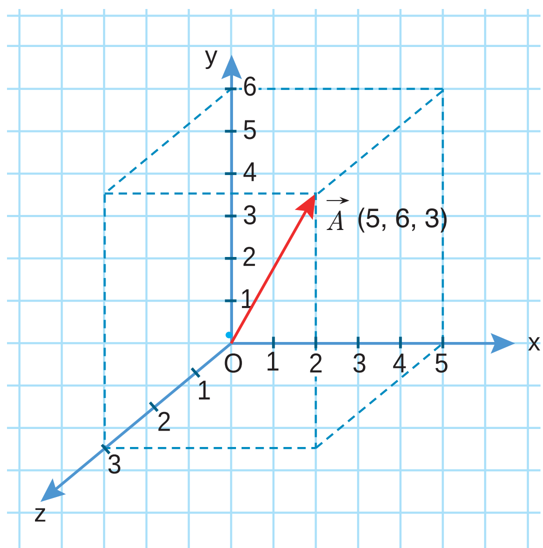
1.3. Örnek

$\vec{A}$ (5, 6, 3) vektörünü üç boyutlu kartezyen koordinat sisteminde çiziniz.

Çözüm

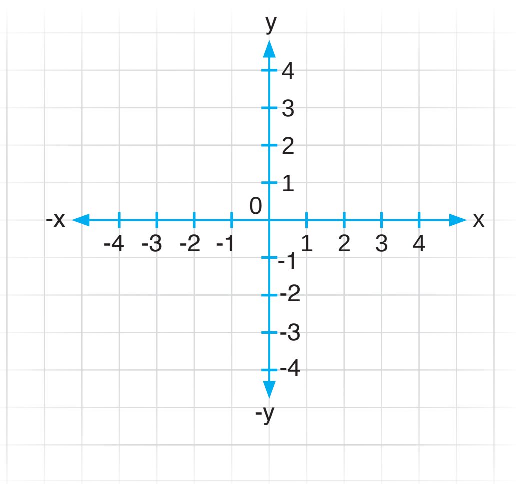
Üç boyutta kartezyen koordinat sisteminin bir anlamda xyz uzayında orijin noktasına yerleştirilen dikdörtgenler prizmasının kenar uzunluklarını ifade ettiği düşünülebilir. Bu dikdörtgenler prizmasının genişliği 5 birim, derinliği 3 birim, yüksekliği 6 birim olarak alınabilir.

A vektörünü elde etmek için x-y koordinat düzleminde x ekseninde 5 birim ve y ekseninde 6 birim uzunlukları olan nokta işaretlenir. Bu noktadan 3 birim uzunluğunda ve z koordinatına paralel giderek (5, 6, 3) noktasına ulaşılır ve bitiş noktası işaretlenir. Bu nokta $\vec{A}$ vektörünün bitiş noktasıdır. $\vec{A}$ vektörünü kartezyen koordinat sisteminde göstermek için başlangıç noktası orijin olmak üzere işaretlenen bitiş noktasına doğru vektör çizilir. Elde edilen $\vec{A}$ vektörü, xyz kartezyen koordinat sisteminde kırmızı renkte gösterilmiştir.



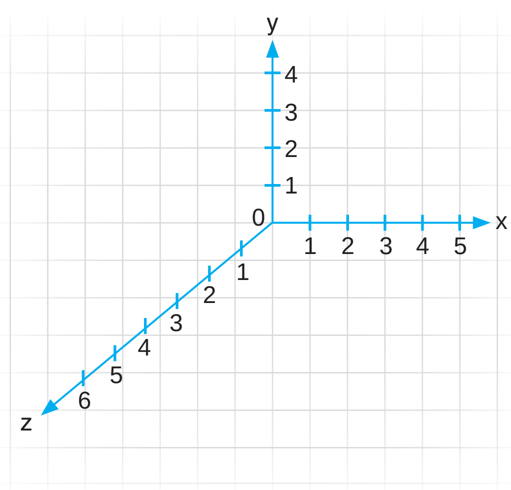
1.4. Soru

$\vec{K}$ (3, 1), $\vec{L}$ (2, -2) ve $\vec{M}$ (-3, 4) vektörlerini iki boyutlu kartezyen koordinat sisteminde çiziniz.

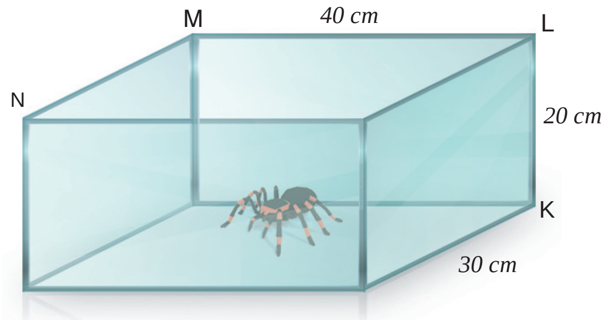


1.5. Soru

$\vec{N}$ (2, 4, 6) ve $\vec{P}$ (1, 2, 4) vektörünü üç boyutlu kartezyen koordinat sisteminde çiziniz.



1.6. Soru



Zoolojinin bir alt dalı olan araknoloji alanında araştırmalar yapan bir bilim insanı; 40 cm, 20 cm ve 30 cm ayrıtlarındaki cam kap içinde bulunan bir örümceği gözlemlemektedir. Örümcek, cam kap içinde doğrusal yol alarak K noktasından harekete başlayıp sırasıyla L ve M noktalarından geçmiş ve ardından N noktasında durmuştur.

a) **Bilim insanı, örümceğin K noktasından L'ye, L'den M'ye ve M'den N'ye olan hareketini vektörlerle nasıl gösterir?**

b) **Bilim insanı, yer değiştirme vektörünü nasıl çizer?**

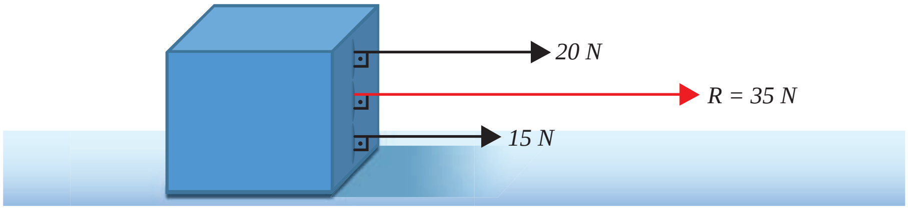
c) **Bilim insanı, örümceğin hareketinin son bulduğu N noktasını, orijini K noktası olan koordinat sistemine göre nasıl ifade eder?**

ç) **Şekildeki cam kap üzerinde K noktası dışında herhangi bir noktayı orijin olarak belirleyiniz. Buna göre sorudaki örümceğin izleyeceği yolu, üç boyutlu kartezyen koordinat sisteminde ifade edecek şekilde çiziniz.**

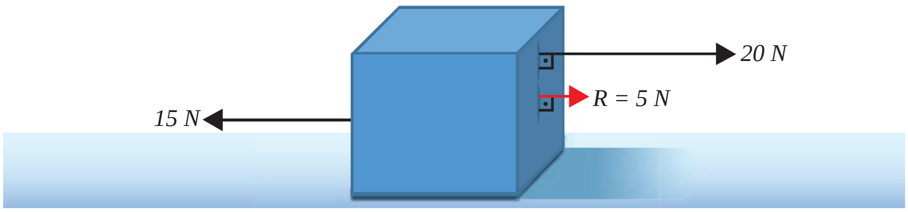
Cevap

1.1.3. VEKTÖRLERİN BİLEŞKESİ

Vektörel büyüklükler, yönlü ifadeler olduğundan vektörel toplama işlemi skaler toplama işleminden farklı yapılır. Örneğin hacim, skaler bir büyüklüktür ve aynı sıcaklıkta 10 litre suyla 5 litre suyun cebirsel olarak toplamı 15 litre su olacaktır. Fakat vektörel büyüklükler toplanırken yön bilgisi de kullanılmalıdır. Şekil 1.5'te cisim üzerine etki eden yatay yola paralel kuvvetlerin büyüklüğü ve yönü verilmiştir. Sürtünme kuvveti ihmal edilirse 15 N ve 20 N büyüklüğünde olan bu iki kuvvet, cisme aynı yönlü uygulandığında (Şekil 1.5.a) 35 N, zıt yönlü uygulandığında (Şekil 1.5.b) ise büyük olan kuvvet yönünde 5 N büyüklüğünde net kuvvet elde edilir. Birden fazla vektörün toplanmasıyla elde edilen vektöre bileşke vektör denir ve $\vec{R}$ sembolüyle gösterilir.



a) Aynı yönlü kuvvetlerin bileşkesi



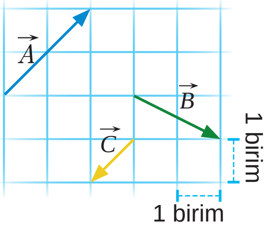
b) Zıt yönlü kuvvetlerin bileşkesi

Şekil 1.5: *Aynı yönlü ve zıt yönlü kuvvetlerin bileşkeleri*

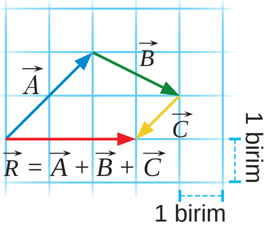
Bileşke vektörü bulmak için genellikle aşağıdaki iki yöntem kullanılır. Bu yöntemlerden biri uç uca ekleme, diğeri paralel kenar yöntemidir.

A) Uç Uca Ekleme Yöntemi

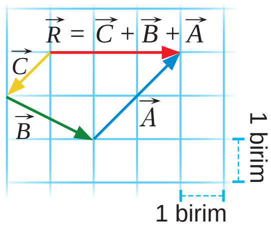
Uç uca ekleme yönteminde vektörlerin bileşkesi bulunurken Şekil 1.6'da görüldüğü gibi toplanacak vektörlerin herhangi birinin ucuna (bitiş noktasına) diğer vektörün başlangıç noktası eklenerek toplanacak ve tüm vektörler bitene kadar bu işleme devam edilecektir.



a) $\vec{A}, \vec{B}$ ve $\vec{C}$ *vektörleri*



b) $\vec{A}+\vec{B}+\vec{C}$ *vektörü*



c) $\vec{C}+\vec{B}+\vec{A}$ *vektörü*

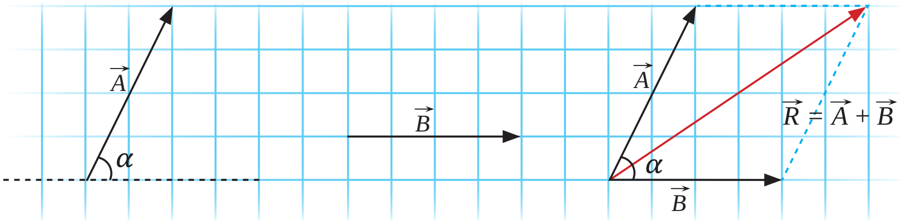
Şekil 1.6: *Uç uca ekleme yöntemi ile bileşke vektörün bulunması*

Şekil 1.6.a'da verilen $\vec{A}$, $\vec{B}$ ve $\vec{C}$ vektörleri arasından uç uca ekleme yöntemine Şekil 1.6.b'deki gibi ilk başlanan $\vec{A}$ vektörünün başlangıç noktasından son eklenen $\vec{C}$ vektörünün bitiş noktasına çizilen yeni vektör $\vec{R}$, bileşke vektördür. Skaler toplama işlemlerinde olduğu gibi vektörel toplama işleminde de yer değiştirme özelliği kullanılabilir (Şekil 1.6.c). Sonuç yine aynı çıkacaktır. Çizilen bileşke vektörün büyüklüğü ise vektörün uzunluğu hesaplanarak bulunur.

Konu ile ilgili simülasyon için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

B) Paralel Kenar Yöntemi

Şekil 1.7'de görüldüğü gibi paralel kenar yönteminde bileşkesi bulunacak iki vektör, başlangıç noktaları çakışacak şekilde yönleri değiştirilmeden taşınır. Bu nokta aynı zamanda bileşke vektörün başlangıç noktasıdır. Her bir vektörün ucundan diğer vektöre paraleller çizilerek şekil paralel kenara tamamlanır. Vektörlerin başlangıç noktasından paralel kenarın karşı köşesine kadar çizilen vektör, bileşke vektördür.



a) $\vec{A}$ vektörü b) $\vec{B}$ vektörü c) Parelel kenar yöntemiyle elde edilen $\vec{R}$ bileşke vektörü

Şekil 1.7: *Paralel kenar yöntemiyle bileşke vektörün bulunması*

Paralel kenar yönteminde iki vektörden fazla vektörün bileşkesini bulabilmek için önce iki vektörün toplamı bulunur. Daha sonra elde edilen vektörle diğer vektör toplanır. Bu işleme tüm vektörler bitene kadar devam edilir.

Paralel kenar yönteminde bileşke vektörün büyüklüğünü hesaplamak için kosinüs teoreminden yararlanılır.

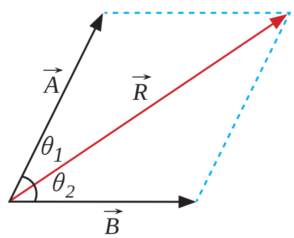
Kosinüs teoremine göre bileşke vektör

$$R^2 = A^2 + B^2 + 2 \cdot A \cdot B \cdot \cos\alpha$$

bağıntısıyla hesaplanır.

Toplanan iki vektörün büyüklüğü birbirine eşit ise bileşke vektör her iki vektörle aynı açıyı yapacak şekilde açıortay üzerinde yer alır. Vektörlerin büyüklükleri farklı ise bileşke vektör ile büyüklüğü fazla olan vektör arasındaki açı, büyüklüğü az olan vektörle arasındaki açıdan daha küçük olur (Şekil 1.8).

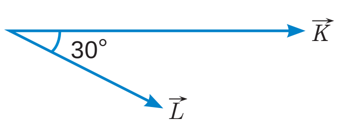
$A = B$ ise $\theta_1 = \theta_2$
$A > B$ ise $\theta_2 > \theta_1$
$B > A$ ise $\theta_1 > \theta_2$ ilişkisi vardır.



Şekil 1.8: *Vektörler ile bileşke vektör arasındaki açılar*

Konu ile ilgili simülasyon için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

1.4. Örnek

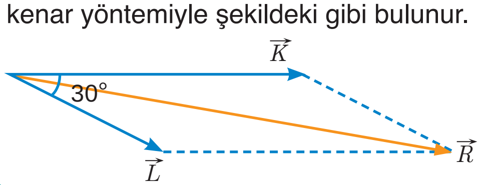


Büyüklükleri sırasıyla $2\sqrt{3}$ birim ve 8 birim olan $\vec{K}$ ve $\vec{L}$ vektörlerinin aralarındaki açı 30°dir.

Buna göre bu vektörlerin bileşkesini çiziniz ve bileşke vektörün büyüklüğünü hesaplayınız. $\left(\cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$

Çözüm

$\vec{K}$ ve $\vec{L}$ vektörlerinin bileşke vektörü $\vec{R}$, paralel kenar yöntemiyle şekildeki gibi bulunur.

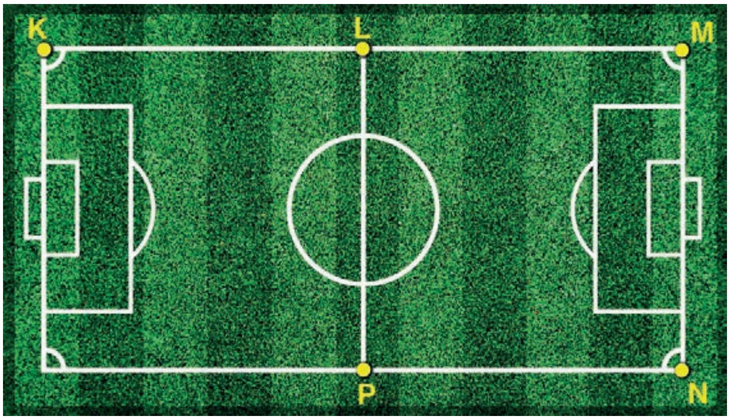


R vektörünün büyüklüğü ise kosinüs teoreminden

$$R^2 = K^2 + L^2 + 2 \cdot K \cdot L \cdot \cos\alpha$$
$$R^2 = (2\sqrt{3})^2 + 8^2 + 2 \cdot 2\sqrt{3} \cdot 8 \cdot \cos 30°$$
$$R^2 = 12 + 64 + 48$$
$$R^2 = 124$$

$R \cong 11,13$ birim bulunur.

1.5. Örnek



Şekil, futbol sahasının üstten görünümünü temsil etmektedir. Futbol sahasının üzerindeki noktalardan |KL|, |LM|, |MN| ve |NP| arası eşit büyüklükte ve 10 m uzunluğundadır. K noktasından hareketine başlayan bir futbolcu; kenar çizgileri üzerinde sırasıyla L, M ve N noktalarından geçip P noktasında duruyor.

Buna göre

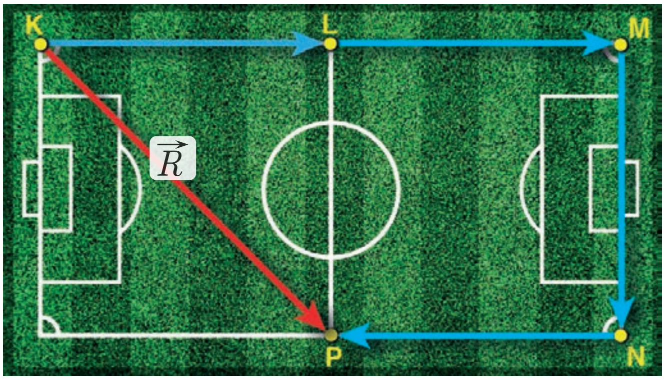
a) Futbolcunun ardışık gelen iki nokta arasında yaptığı bütün yer değiştirme vektörlerini çiziniz.

b) Futbolcunun yaptığı yer değiştirme vektörünü bulunuz ve vektörün büyüklüğünü hesaplayınız.

c) Bileşke vektörü bulurken hangi metodu kullandığınızı belirtiniz.

Çözüm

a)



b) Bileşke vektörün büyüklüğü

$|KP|^2 = |KL|^2 + |LP|^2$

$R^2 = 10^2 + 10^2$

$R = 10\sqrt{2}$ m olarak bulunur.

c) Bileşke vektör çizilirken uç uca ekleme metodu kullanılmıştır.

Eşit Büyüklükteki Vektörlerin Açılara Göre Özel Durumlarını Kullanarak Bileşkeyi Gösterme

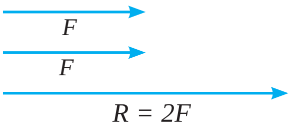
Eşit büyüklükte ve aralarındaki açı α olan iki vektörün bileşkesinin kosinüs teoremi ile hesaplanması aşağıda verilmiştir.

$\alpha = 0°$ ise

$R^2 = F^2 + F^2 + 2 \cdot F \cdot F \cdot \cos 0° (\cos 0° = 1)$

$R^2 = 4F^2$

$R = 2F$ bulunur (Şekil 1.9).



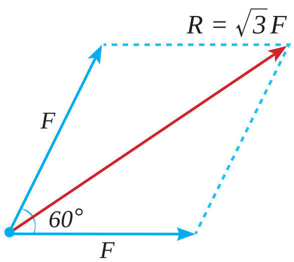
***Şekil 1.9:** Aralarında 0° açı bulunan eşit büyüklükteki vektörlerin bileşkesi*

$\alpha = 60°$ ise

$R^2 = F^2 + F^2 + 2 \cdot F \cdot F \cdot \cos 60° \left(\cos 60° = \frac{1}{2}\right)$

$R^2 = 3F^2$

$R = \sqrt{3}F$ bulunur (Şekil 1.10).



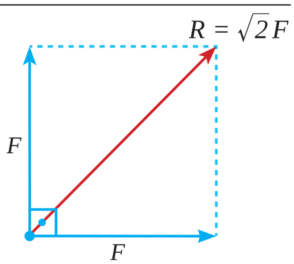
***Şekil 1.10:** Aralarında 60° açı bulunan eşit büyüklükteki vektörlerin bileşkesi*

$\alpha = 90°$ ise

$R^2 = F^2 + F^2 + 2 \cdot F \cdot F \cdot \cos 90° (\cos 90° = 0)$

$R^2 = 2F^2$

$R = \sqrt{2}F$ bulunur (Şekil 1.11).



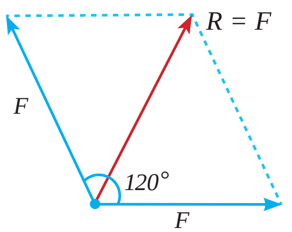
***Şekil 1.11:** Aralarında 90° açı bulunan eşit büyüklükteki vektörlerin bileşkesi*

$\alpha = 120°$ ise

$R^2 = F^2 + F^2 + 2 \cdot F \cdot F \cdot \cos 120° \left(\cos 120° = -\frac{1}{2}\right)$

$R^2 = F^2$

$R = F$ bulunur (Şekil 1.12).

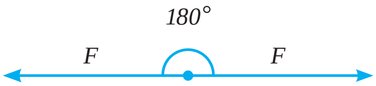


***Şekil 1.12:** Aralarında 120° açı bulunan eşit büyüklükteki vektörlerin bileşkesi*

$\alpha = 180°$ ise

$R^2 = F^2 + F^2 + 2 \cdot F \cdot F \cdot \cos 180° (\cos 180° = -1)$

$R = 0$ bulunur (Şekil 1.13).



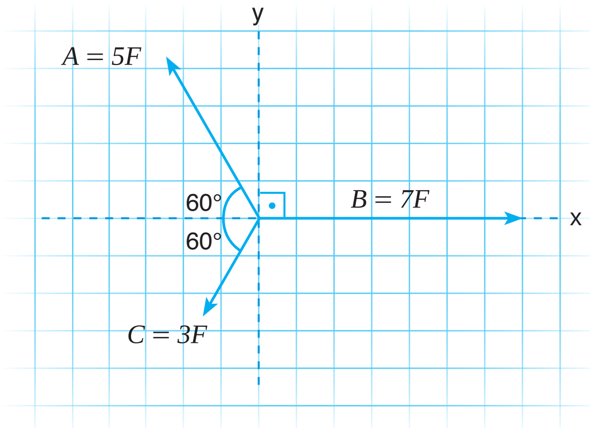
***Şekil 1.13:** Aralarında 180° açı bulunan eşit büyüklükteki vektörlerin bileşkesi*

Konu ile ilgili simülasyon için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

Vektörler arasındaki açı değerleri incelendiğinde açı 0° iken bileşke en büyük, açı 180° iken bileşke en küçük değerini almaktadır. Buradan iki vektör arasındaki açı arttıkça "bileşke vektörün büyüklüğü azalır" sonucuna ulaşılır.

1.6. Örnek

Yandaki şekilde iki boyutlu düzlem üzerinde verilen $\vec{A}, \vec{B}$ ve $\vec{C}$ vektörlerinin bileşkesi kaç F büyüklüğündedir? Vektörlerin bileşkesini, açılara göre özel durumları kullanarak hesaplayınız.

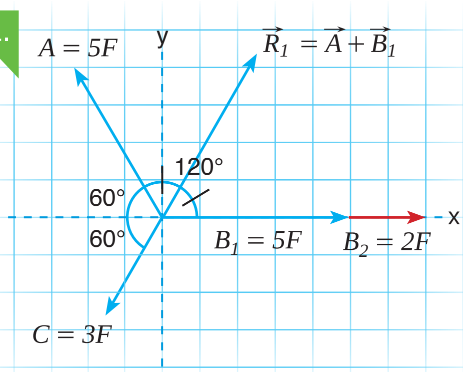


Çözüm

Vektörlerin bileşkesinin açılara göre özel durumlar üzerinden hesaplanmasının ilk koşulu, bileşkesi hesaplanacak vektörlerin büyüklüklerinin birbirine eşit olmasıdır. Ancak $\vec{A}, \vec{B}$ ve $\vec{C}$ vektörlerinin eşit büyüklükte vektörler olmadığı görülmektedir. Böyle bir durumda özel durum kullanmak için uygun olduğu düşünülen bir vektör, doğrultusu ve yönü değiştirilmeden iki parça hâlinde düşünülebilir. Buna göre $\vec{B}$ vektörü 5F ve 2F olarak ele alınabilir. Böylece eşit büyüklükle vektörler elde edilip özel durum için kullanılan açılarla işlemler yapılabilir. Bileşke vektör aşağıdaki işlemler yapılarak hesaplanabilir.

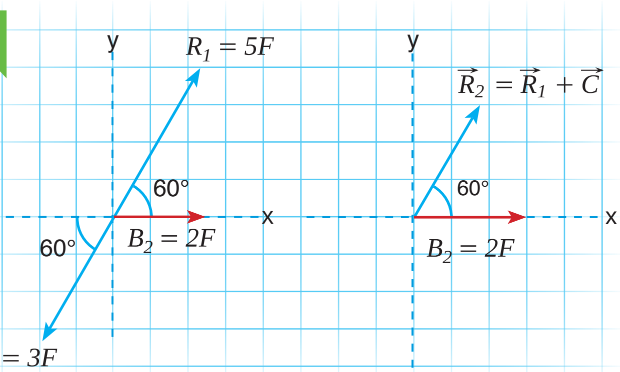
Burada $\vec{B}$ vektörü, $\vec{B_1}$ ve $\vec{B_2}$ vektör parçalarına ayrılmıştır.

1.



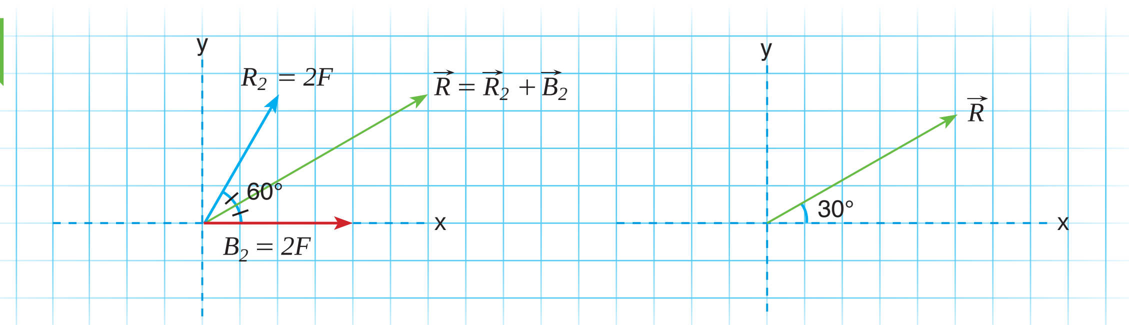
$\vec{A}$ ile $\vec{B_1}$ vektörleri, eşit büyüklükte ve aralarında 120° açı olan vektörlerdir. Bu vektörlerin bileşkesi $\vec{R_1}$, özel durumlardan ilgili özellik kullanılarak 5F büyüklüğünde bulunur.

2.



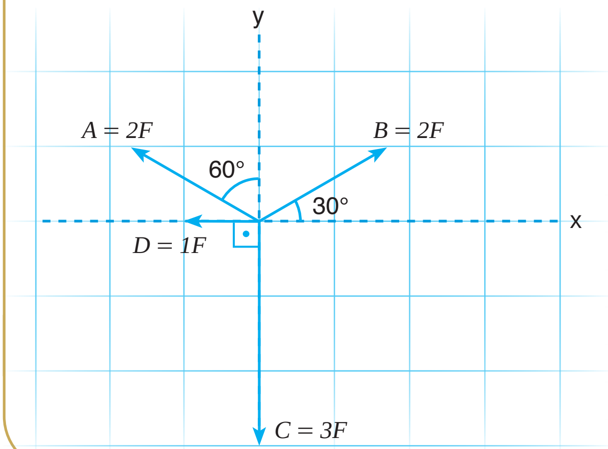
$\vec{C}$ ile $\vec{R_1}$ vektörleri, zıt yönlü vektörlerdir ve bu vektörlerin bileşkesi $\vec{R_2}$, 2F büyüklüğündedir.

3.



$\vec{B}$ vektörünün bir parçası olan $\vec{B_2}$ ile $\vec{R_2}$ vektörleri, büyüklükleri eşit ve aralarında 60° açı olan vektörlerdir. Bu vektörlerin bileşkesi $\vec{R}$, özel durumlardan ilgili özellik kullanılarak $2\sqrt{3}$ F büyüklüğünde bulunur.

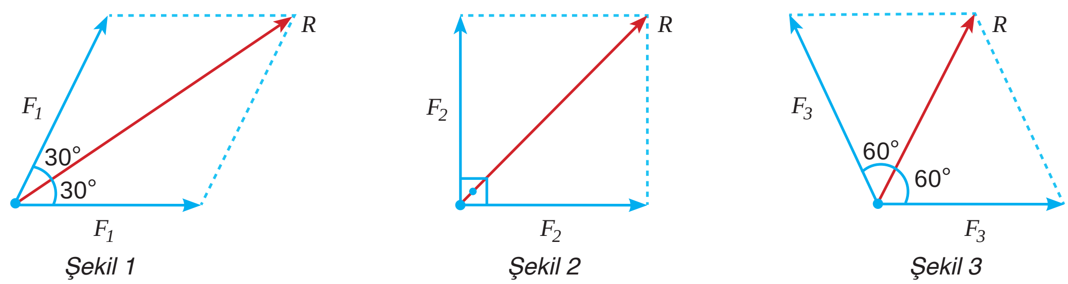
1.7. Soru



Yandaki şekilde iki boyutlu düzlem üzerinde verilen $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$ ve $\vec{D}$ vektörlerinin bileşkesi kaç F büyüklüğündedir?

Cevap

1.7. Örnek



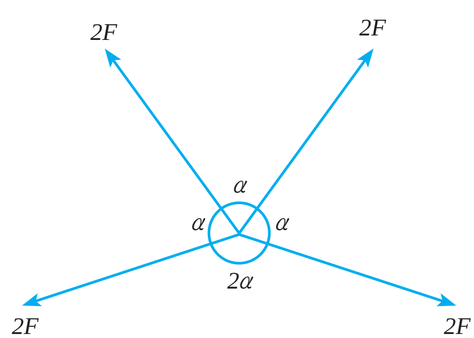
Şekil 1'de F_1 büyüklüğünde, Şekil 2'de F_2 büyüklüğünde ve Şekil 3'te F_3 büyüklüğündeki kuvvet çiftelerinin oluşturduğu bileşke kuvvetin büyüklüğü eşit ve R'dir.

Buna göre F_1, F_2 ve F_3 kuvvetlerinin büyüklüklerini büyükten küçüğe doğru sıralayınız.

Çözüm

F_1, F_2 ve F_3 kuvvetlerinin büyüklükleri birbirine eşit olarak kabul edilirse iki vektör arasındaki açı arttıkça bileşke vektörün büyüklüğü azalacağından en büyük değere sahip bileşke kuvvet Şekil 1'de ve en küçük değere sahip bileşke kuvvet Şekil 3'te olmalıdır. Soruda bileşke kuvvetin değerleri eşit verildiğine göre bu bileşkeleri oluşturan kuvvetler arasındaki ilişki $F_3 > F_2 > F_1$ şeklinde sıralanır.

1.8. Soru



Aynı düzlemde bulunan, büyüklükleri eşit ve 2F olan dört kuvvet yandaki şekilde verilmiştir.

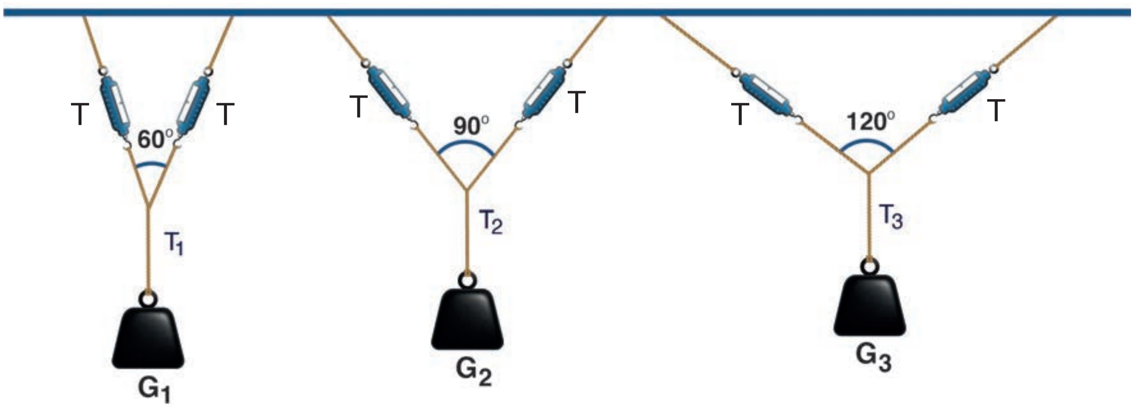
Buna göre bu dört kuvvetin bileşkesinin büyüklüğü kaç F olur?

Cevap

2. UYGULAMA

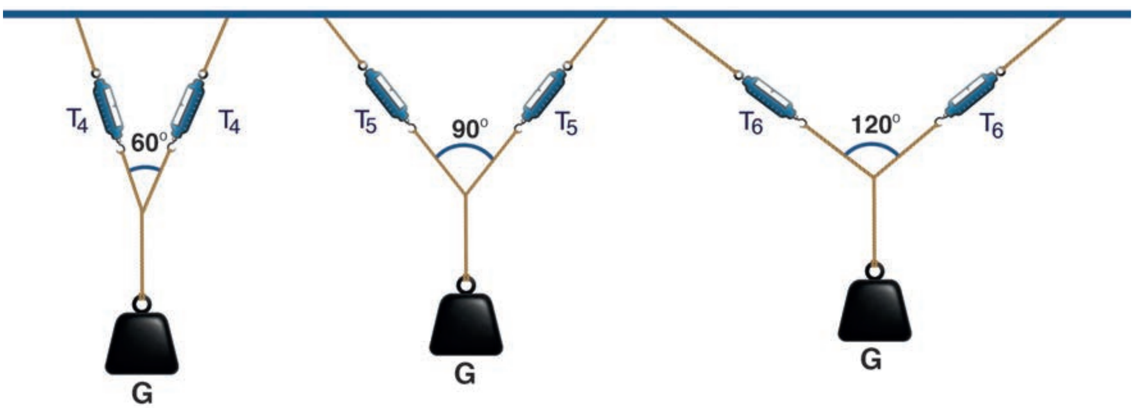
Yönerge: *Demet ve Ayşe, eşit büyüklükteki vektörlerin açılara göre özel durumlarını kesişen kuvvetlerle ilişkilendiren bir deney düzeneği hazırlamışlardır. Bunun için ağırlıkları birbirinden farklı cisimler ile ağırlığı önemsiz, esnemeyen ipler ve dinamometreler kullanmışlardır. Demet ve Ayşe'nin ayrı ayrı hazırladıkları deney düzeneklerinde yaptıkları uygulamalar ve gözlemleri aşağıda verilmiştir. Bu deneylere göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.*

Demet'in deney düzeneği



- Ağırlıkları farklı cisimler, aralarında farklı açılar bulunan ipler yardımıyla tavana asılmıştır.
- Cisimler, tavana bağlı iplerdeki dinamometrelerde okunan değerler eşit olacak biçimde asılmıştır.

Ayşe'nin deney düzeneği



- Ağırlıkları eşit cisimler, aralarında farklı açılar bulunan ipler yardımıyla tavana asılmıştır.
- Cisimler, tavana bağlı ipler arasındaki açılar 60°, 90° ve 120° olacak biçimde asılmıştır.

İpucu: *Bir sistemdeki üç vektörün toplamı sıfır ise bu vektörlerden herhangi iki vektörün bileşkesinin büyüklüğü, toplam vektörün sıfır olmasını sağlayan üçüncü vektörün büyüklüğüne eşittir.*

1. Demet ile Ayşe'nin deney düzenekleri arasındaki benzerlik ve farklılıklar nelerdir?

....

....

....

Devam ediyor.

2. Demet ve Ayşe, kurdukları hangi hipotezi sınamak için deney düzeneklerini hazırlamış olabilirler?

Demet'in deneyi için hipotez: ....

....

Ayşe'nin deneyi için hipotez: ....

....

3. Aşağıdaki tablolar, Demet ve Ayşe'nin deney düzeneklerinden elde ettikleri sonuçları göstermektedir. Tablolarda boş bırakılan hücrelere uygun değerleri yazınız.

Tablo 1.1: *Demet ve Ayşe'nin Deney Düzeneğine Ait Sonuçlar*

	Gerilme Kuvveti	T_1	T_2	T_3
Demet	T = 5 N			
	T = 6 N			
	T = 7 N			

	Ağırlık	T_4	T_5	T_6
Ayşe	G = 5 N			
	G = 6 N			
	G = 7 N			

4. Demet'in deney düzeneğindeki ağırlıklar arasındaki büyüklük ilişkisi ne olmalıdır? Ayşe'nin deney düzeneğindeki iplerin gerilme kuvvetleri arasındaki büyüklük ilişkisi ne olmalıdır?

....

....

....

5. Deney düzenekleri ve verdiğiniz cevaplardan yararlanarak elde ettiğiniz sonuçların günlük hayatta hangi problemin/problemlerin çözümünde kullanılabileceğini yazınız.

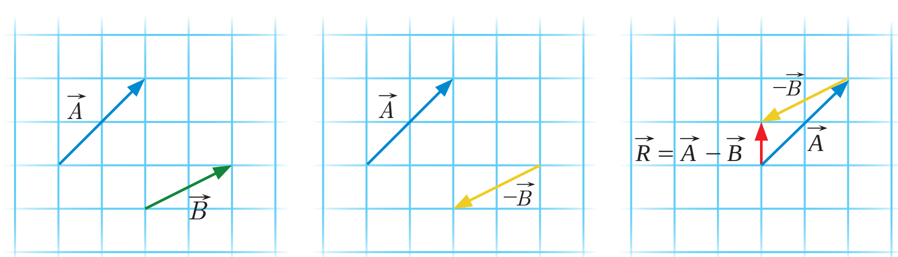
....

....

....

Vektörlerde Çıkarma İşlemi

Bir vektörün negatifi, o vektörün yönünün tersini ifade eder. Vektörlerde çıkarma işlemi yapılırken vektörel toplama işleminden yararlanılır. Çıkan vektör, önündeki negatif işaretinden dolayı yönü ters çevrilerek toplama işlemi yapılır. Şekil 1.14'te vektörlerde çıkartma işlemi verilmiştir. Şekil 1.14.a'daki $\vec{A}$ ve $\vec{B}$ vektörleri için yapılacak $\vec{A}-\vec{B}$ vektörel çıkarma işlemi, $\vec{A}+(-\vec{B})$ şeklinde ele alındığında vektörel toplama işleminden yararlanılmış olur. Burada $\vec{B}$ vektörü, önündeki negatif işaretinden dolayı yönü tersi alınarak (Şekil 1.14.b) toplama işlemine dâhil edilir. Ardından $\vec{A}$ vektörü, $-\vec{B}$ ile toplanarak $\vec{A}-\vec{B}$ bileşke vektörü elde edilir (Şekil 1.14.c).



a) $\vec{A}$ ve $\vec{B}$ *vektörleri* *b)* $\vec{A}$ ve $-\vec{B}$ *vektörleri* *c)* $\vec{R}=\vec{A}-\vec{B}$ *vektörü*

Şekil 1.14: *Vektörlerde çıkarma işlemi*

1.8. Örnek

$\vec{K}$, $\vec{L}$ ve $\vec{M}$ vektörlerinin büyüklükleri sırasıyla 2F, 5F ve 6F kadardır. Bu vektörlerin bileşkesinin alabileceği en büyük ve en küçük değer kaç F olur?

Çözüm

Vektörlerin bileşkesinin alabileceği en büyük değer için vektörlerin aynı yönde oldukları düşünülebilir. Bu durumda en büyük değer

$R_{büyük} = 2F + 5F + 6F = 13F$ şeklinde bulunur.

Vektörlerin bileşkesinin en küçük değeri için öncelikle $\vec{K}$, $\vec{L}$ ve $\vec{M}$ arasından iki vektör seçilir. Bu vektörlerin büyüklükleri için üçgen eşitsizliği kullanılarak bir aralık yazılır. Seçilen vektörler $\vec{K}$ ve $\vec{L}$ vektörleri olduğunda bu vektörlerin büyüklüğü için yazılacak aralık değeri R,

$5F - 2F \leq R \leq 5F + 2F$

$3F \leq R \leq 7F$ şeklindedir. Ardından aralık gösteriminde kullanılmayan $\vec{M}$ vektörünün büyüklüğünün bu aralıkta olup olmadığına bakılır. Bu aralıkta ise $\vec{K}$, $\vec{L}$ ve $\vec{M}$ vektörlerinin bileşkesinin alabileceği en küçük değer sıfır olur. $\vec{M}$ vektörünün büyüklüğü olan 6F, yazılan aralıkta yer almasından dolayı $R_{küçük} = 0$ şeklinde belirlenir.

1.9. Soru

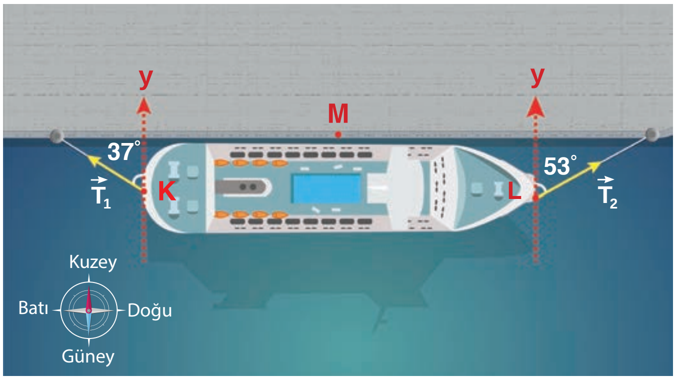
$\vec{K}$ ve $\vec{L}$ vektörlerinin büyüklükleri sırasıyla 5F ve 6F kadardır. Bu vektörlerin bileşkesinin alabileceği en büyük ve en küçük değer kaç F olur?

Cevap

DİKKAT

Üçgen eşitsizliği, matematik biliminde bir üçgeni oluşturabilme şartı olarak kullanılır. Bu teorem, üçgenin bir kenar uzunluğunun diğer iki kenar uzunluklarının toplamından küçük ve farkının mutlak değerinden büyük olma durumunu açıklar. Bu teorem, fizikte üç vektörün bileşkesinin en küçük ve en büyük değerlerini belirlemek için kullanılabilir.

1.10. Soru



Şekildeki görsel, doğu-batı doğrultusunda demirlenmiş ve ipler yardımıyla dengelenmiş bir yük gemisinin üstten görünümüne aittir. Gemiyi dengeleyen ipler, karayla aynı düzlemdedir. İplerin ikisinde oluşmuş $\vec{T_1}$ ve $\vec{T_2}$ gerilme kuvvetlerinin y ekseni ile yaptığı açılar sırasıyla 37° ve 53°dir.

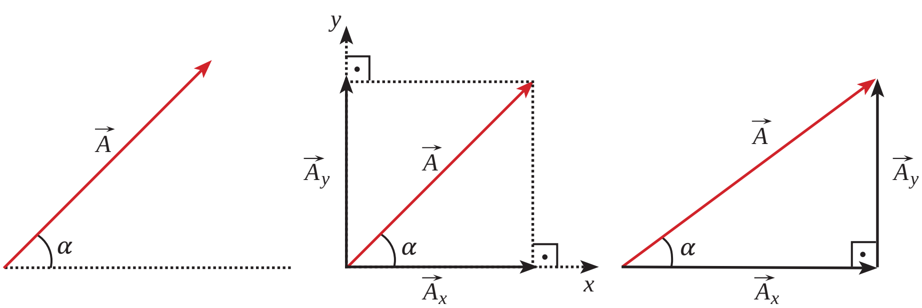
$\vec{T_1}$ ve $\vec{T_2}$ değerleri sırasıyla 400 N ve 300 N olduğuna göre gemiye bu iki ip yardımıyla etki eden bileşke kuvveti M noktasında çizerek bu kuvvetin değerini hesaplayınız.

($\cos 37° = 0,8$; $\sin 37° = 0,6$ alınız.)

Cevap

1.1.4. VEKTÖRLERİN İKİ BOYUTLU KARTEZYEN KOORDİNAT SİSTEMİNDE BİLEŞENLERİNE AYRILMASI

Vektörün koordinat sisteminde eksenler üzerindeki iz düşümleri, vektörün bileşenleridir.



a) $\vec{A}$ vektörü *b) $\vec{A}$ vektörü ve bileşenlerinin koordinat sisteminde gösterimi* *c) $\vec{A}$ vektörü ve bileşenlerinin oluşturduğu üçgen*

Şekil 1.15: *$\vec{A}$ vektörünün bileşenlerine ayrılması*

Bileşenlerine ayrılmak istenen $\vec{A}$ vektörü, başlangıç noktası orijine gelecek şekilde koordinat sistemine yerleştirilir (Şekil 1.15.a). Daha sonra $\vec{A}$ vektörünün bitiş noktasından x ve y eksenlerine paralel doğrular (iz düşümü) çizilir.

Orijin ile bu doğruların x ve y eksenlerini kestiği noktalar birleştirilerek yatay ve düşey doğrultuda iki bileşen elde edilir (Şekil 1.15.b). $\vec{A}$ vektörünün x ekseninindeki bileşeni A_x ve y eksenindeki bileşeni de A_y olarak adlandırılır.

$\vec{A}$ vektörünün bileşenleri A_x ve $A_y$nin büyüklüğü, Şekil 1.15.c'de elde edilen dik üçgende trigonometrik oranlar kullanılarak

$$\cos\alpha = \frac{A_x}{A} \Rightarrow A_x = A \cdot \cos\alpha$$

$$\sin\alpha = \frac{A_y}{A} \Rightarrow A_y = A \cdot \sin\alpha$$

şeklinde hesaplanır.

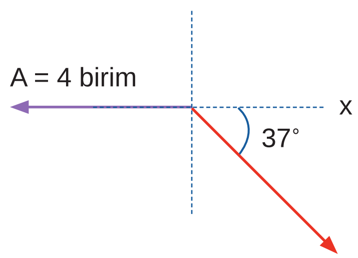
A vektörünün büyüklüğü ise Pisagor teoremi kullanılarak

$$A^2 = A_x^2 + A_y^2$$

şeklinde bulunur.

Konu ile ilgili simülasyon için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

1.9. Örnek



Aynı düzlemde bulunan şekildeki $\vec{A}$ ve $\vec{B}$ vektörlerinin büyüklükleri sırasıyla 4 birim ve 20 birimdir.

Buna göre

a) **$\vec{A}$ ve $\vec{B}$ vektörlerinin bileşke vektörünün büyüklüğünü hesaplayınız.**

b) Bileşke vektörün x doğrultusu ile yaptığı açının en küçük değerini bulunuz.

(Sin 37° = 0,6; cos 37 = 0,8 alınız.)

Çözüm

a) $\vec{A}$ ve $\vec{B}$ vektörlerinin bileşke vektörü için öncelikle $\vec{B}$ vektörünün x ve y doğrultuları üzerindeki bileşenleri elde edilmelidir. $\vec{B}$ vektörünün yatayla yaptığı açı kullanılarak

x doğrultusu üzerindeki bileşeni

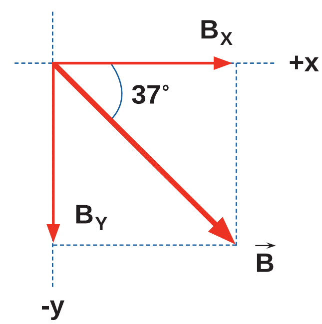
$B_x = B \cdot \cos 37° = 20 \cdot 0,8 = 16$ birim

y doğrultusu üzerindeki bileşeni

$B_y = B \cdot \sin 37° = 20 \cdot 0,6 = 18$ birim bulunur. Elde edilen bileşenlerden B_x ile $\vec{A}$ vektörü aynı doğrultu üzerinde ve zıt yönlüdür. Bu sebeple $\vec{A} + \vec{B}$ vektörü $\vec{R}$ ise $\vec{R}$ bileşke vektörünün x doğrultusu üzerindeki bileşeni $R_x = A + B_x = (-4) + 16 = +12$ birim bulunur. $\vec{R}$ bileşke vektörünün y doğrultusu üzerindeki bileşeni, B_y bileşenine eşittir. Bu durumda $\vec{R}$ bileşke vektörünün büyüklüğü

$R^2 = R_x^2 + R_y^2 = 12^2 + 12^2$

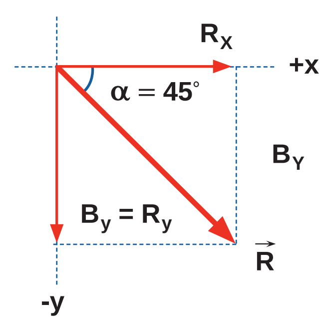
$R = 12\sqrt{2}$ birim bulunur.



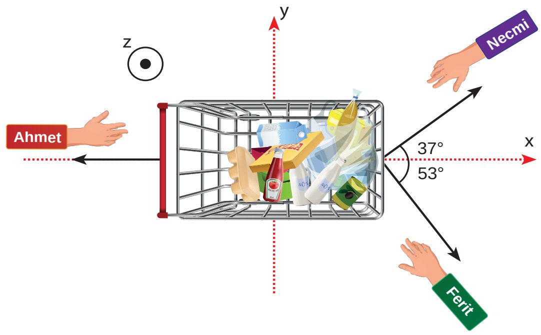
b) $\tan\alpha = \dfrac{\text{Karşı kenar}}{\text{Komşu kenar}} = \dfrac{R_y}{R_x}$ işlemi kullanılarak bileşke vektörünün x doğrultusu ile yaptığı açının en küçük değeri olarak

$\tan\alpha = \dfrac{R_y}{R_x} = \dfrac{12}{12} = 1$ elde edilir.

Bu trigonometrik değerin açı karşılığı 45°dir.



1.11. Soru



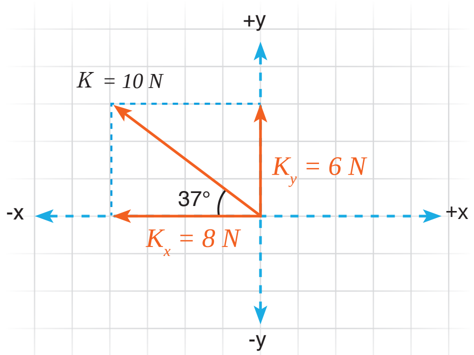
Sürtünmelerin önemsiz olduğu bir ortamda Ahmet, Necmi ve Ferit yaşlı bir teyzeye yardım etmek amacıyla teyzenin market arabasını aynı anda şekildeki yönlerde çekmekte fakat araba hareket etmemektedir.

Necmi market arabasına 40 N uyguladığına göre Ahmet ve Ferit'in market arabasına uyguladıkları kuvvetlerin büyüklüklerini hesaplayınız.

(Sin 37° = 0,6; cos 37 = 0,8 alınız.)

Cevap

1.12. Soru



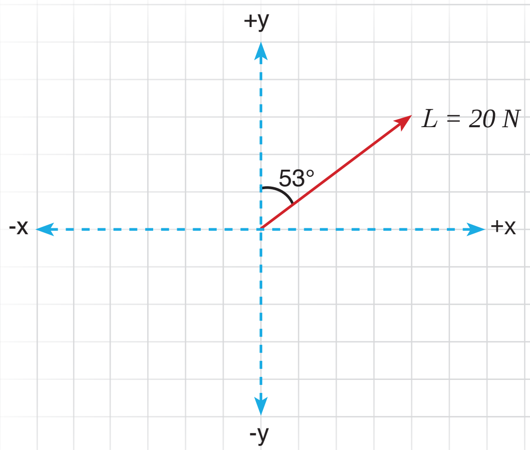
$\vec{K}$ vektörünün iki boyutlu kartezyen koordinat sisteminde bileşenleri yandaki şekilde verilmiştir.

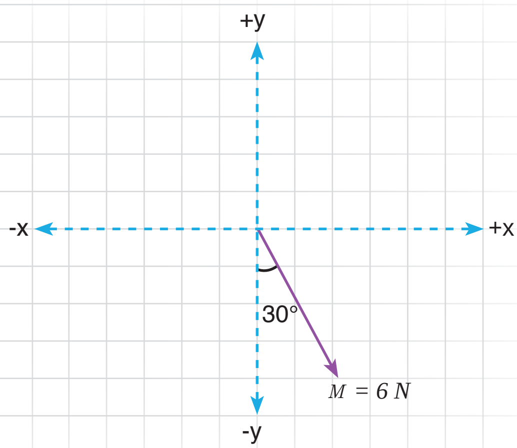
Aşağıdaki "Cevap" alanında verilen $\vec{L}$ ve $\vec{M}$ vektörlerinin bileşenlerini iki boyutlu koordinat sisteminde çiziniz ve bunların büyüklüklerini hesaplayınız.

$(\cos 30^o = \frac{\sqrt{3}}{2}; \sin 30^o = 0,5; \cos 37^o = \sin 53^o = 0,8;$

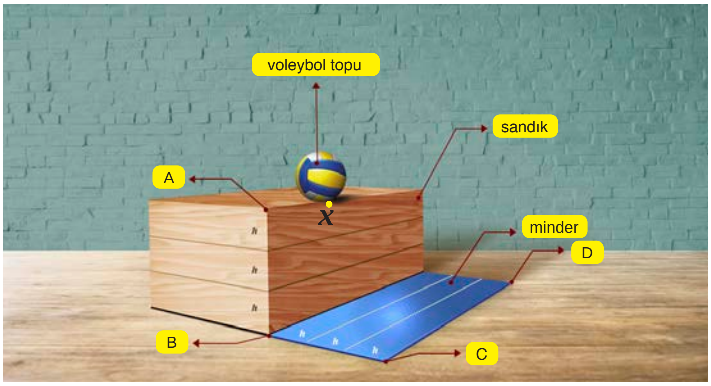
$\cos 53^o = \sin 37^o = 0,6$ alınız.)

Cevap





FİNAL SORUSU



Gülderen Öğretmen, yandaki düzeneği oluşturmuştur. Sandığın yüksekliği ve minderin genişliği 3h'dir. A-B ve B-C noktaları arasındaki mesafeler eşit bölmelendirilmiştir. Sandığın kenarındaki x noktasında duran voleybol topunun kütlesi 0,25 kg'dır.

(Topun yarıçapını ihmal ediniz.)

1. Gülderen Öğretmen, duran voleybol topunu C-D arasındaki çizgiye ulaştırmak istiyor. Topun merkezine doğru uygulanması gereken sabit büyüklükte ve yönü değişmeyen en küçük kuvveti kaç newton olarak hesaplar? Çizerek gösteriniz.

($\sin 45° = \cos 45° = 0{,}707$; $g = 10\ m/s^2$ alınız.)

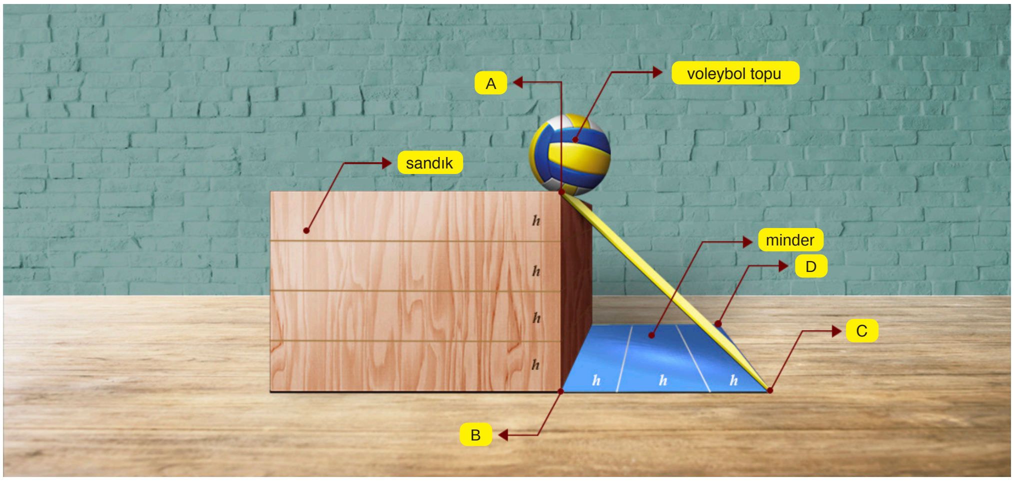
....

....

....

....

2.



Gülderen Öğretmen, aynı topu 4h yüksekliğindeki eğik düzlemin A noktasından bırakırsa topa eğik düzlem üzerinde herhangi bir anda etki eden tepki kuvveti ile 1. sorudaki en küçük kuvvet arasında nasıl bir fark olur? Karşılaştırınız. *($\cos 53° = 0{,}6$; $g = 10\ m/s^2$ alınız.)*

....

....

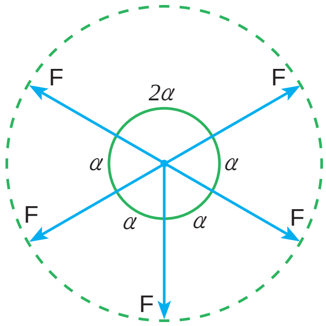
3. Cisimlerin hareket yönleri ile bileşke kuvvet arasındaki ilişkiyi ifade ederek 1 ve 2. sorulardan elde edilen sonuçları karşılaştırınız.

....

....

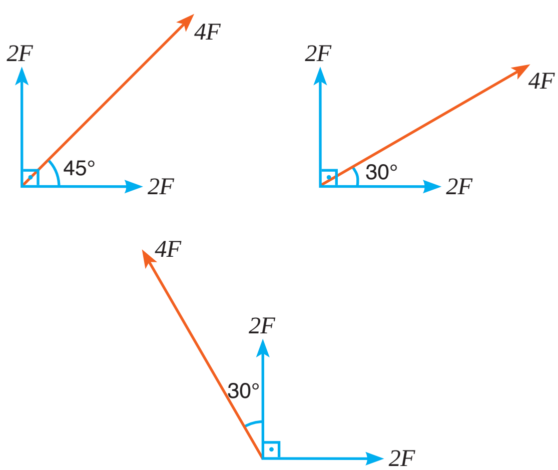
1. BÖLÜM ÇALIŞMA SORULARI

1. Soru



Şekilde verilen F büyüklüğündeki kuvvetlerin bileşkesinin büyüklüğü kaç F olur?

2. Soru

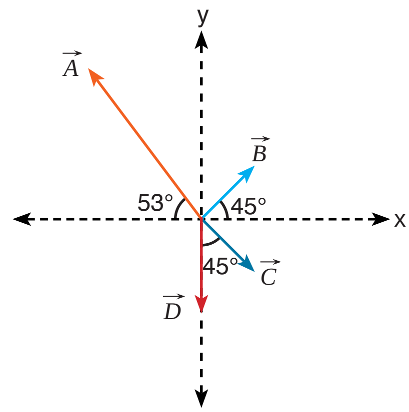


Şekillerde verilen kuvvetlerin bileşkelerinin büyüklükleri sırasıyla R_1, R_2 ve R_3tür.

Buna göre R_1, R_2 ve R_3 arasındaki büyüklük ilişkisi nasıldır?

($\sin 45^o = \frac{\sqrt{2}}{2}$, $\sin 30^o = 0,5$, $\sin 90^o = 1$ alınız.)

3. Soru

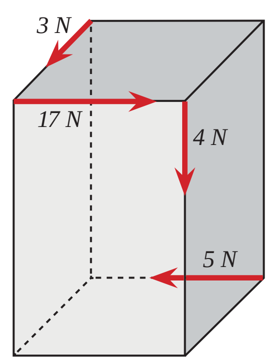


Şekilde verilen kuvvetlerden $\vec{A}$ vektörü 10 N, $\vec{B}$ ve $\vec{C}$ vektörleri $\sqrt{2}$ N ve $\vec{D}$ vektörü de 5 N büyüklüğündedir.

Buna göre kuvvetlerin bileşkesinin büyüklüğü kaç N olur?

($\sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$, $\sin 53^\circ = 0,8$ alınız.)

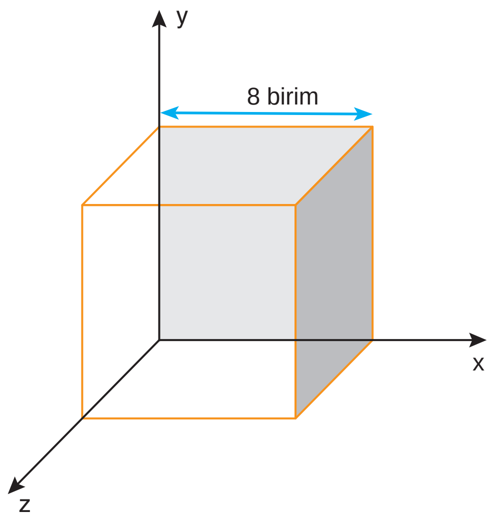
4. Soru



Şekildeki dik prizma üzerinde gösterilen kuvvetlerin bileşkesinin büyüklüğü kaç N olur?

Devam ediyor.

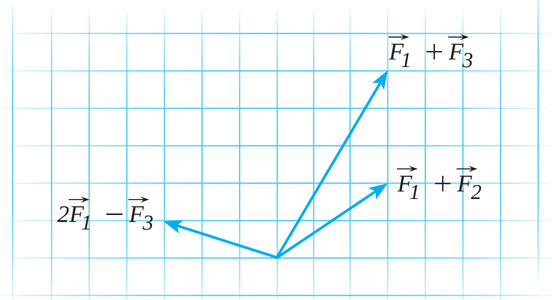
5. Soru



Şekilde kenar uzunluğu 8 birim olan bir küp gösterilmektedir.

$\vec{A}$ (8,8,8), $\vec{B}$ (4,8,4) ve $\vec{C}$ (8,4,8) vektörlerini bu küp üzerinde çizerek gösteriniz.

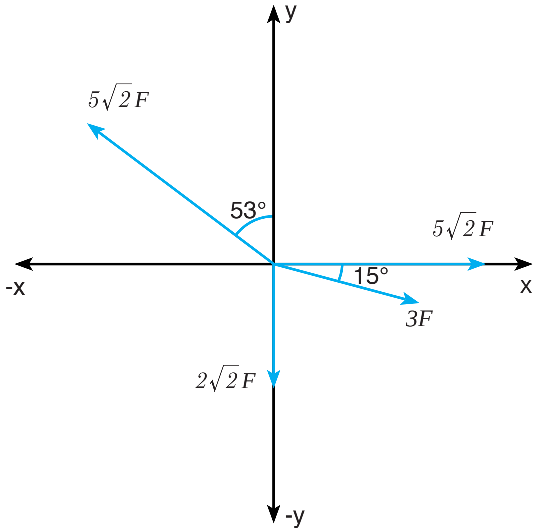
6. Soru



Kenar uzunluğu 1 birim olan eşit kare bölmelere ayrılmış düzlemde $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$ ve $\vec{F_3}$ kuvvetleri kullanılarak $\vec{F_1}+\vec{F_2}$, $\vec{F_1}+\vec{F_3}$ ve $2\vec{F_1}-\vec{F_3}$ bileşke kuvvet vektörleri oluşturulmuştur.

Buna göre $\vec{F_2}$ kuvvetinin büyüklüğü kaç birimdir?

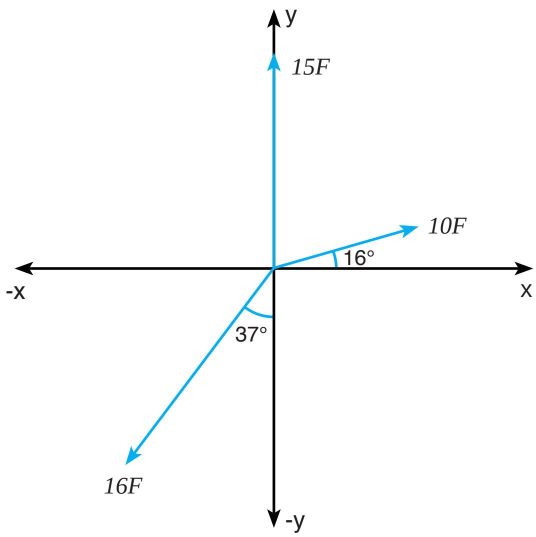
7. Soru



Şekilde verilen kuvvetlerin bileşkesinin büyüklüğü kaç F olur?

($\cos 53^\circ = 0,6$; $\cos 37^\circ = 0,8$ ve $\cos 60^\circ = 0,5$ alınız.)

8. Soru



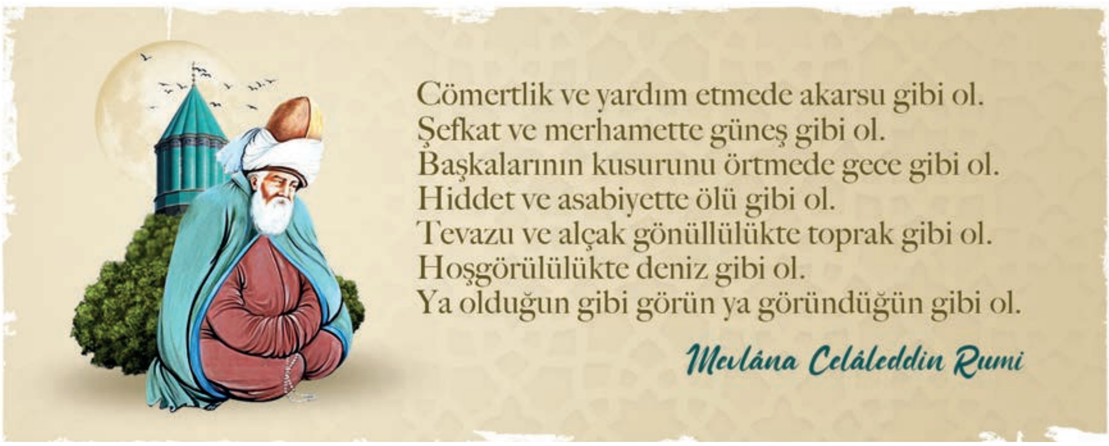
Şekilde verilen kuvvetlerin bileşkesinin büyüklüğü kaç F olur?

($\cos 53^\circ = 0,6$ ve $\cos 37^\circ = 0,8$ alınız.)

1.2. BAĞIL HAREKET

HAZIR MISINIZ?

MEVLÂNA'NIN YEDİ ÖĞÜDÜ



Mevlâna'nın yedi öğüdü içinde şüphesiz en çok bilineni "Ya olduğun gibi görün ya göründüğün gibi ol." ifadesidir. Tabii ki burada Mevlâna, insanların kişiliklerini ve bireysel özelliklerini dışa yansıtma şeklinden bahsetmektedir. İnsanların olmadığı biri gibi davranmasının ya da davrandığı kişi gibi bir insan olmamasının olumsuzluklarını vurgulamıştır.

Peki, fizikte nesneler her zaman olduğu gibi görünür mü? Göründüğü gibi olur mu?

Nesneleri gözlemleyen kişinin bulunduğu konum ve hareket durumu da önemlidir. Örneğin Ay hep küreseldir ama Ay'a bakan kişiler, Ay'ın farklı evrelerini görürler. Güneş tutulması sırasında kişiler konumlarına göre tutulmayı farklı gözlemler. Uçaktan bakıldığında yerdeki insanlar ve binalar olduklarından daha küçük görünürler veya yakındaki nesneler boyutları aynı bile olsa uzaktaki nesnelerden farklı ölçümlenir.

Bir aracın hızı her gözlemci için aynı mıdır? Bir cisim aynı anda hem hareketli hem de durağan olabilir mi?

Bağıl gözlem ya da hareket, gözlemcinin bulunduğu konum ve hareket durumuna göre farklılık gösterdiğinden bir aracın hızı farklı referans sistemlerindeki gözlemciler için farklı algılanabilir. Bir hareketlinin durumu, A referans sistemindeki gözlemciye göre durağan iken B referans sistemindeki gözlemciye göre hareketli olabilir. Örneğin aynı hızla yan yana giden araçlardaki sürücüler, birbirlerini durağan olarak algılarken yol kenarında duran gözlemciye göre her iki araç da hareketlidir.

1. soru: Yukarıdaki metne göre cisimlerin hareketinin farklı referans noktalarına göre farklı algılanmasını etkileyen etmenler nelerdir?

....

....

2. soru: Metinde geçen olaylarla benzerlik gösteren günlük hayatta karşılaştığınız durumlara örnekler veriniz.

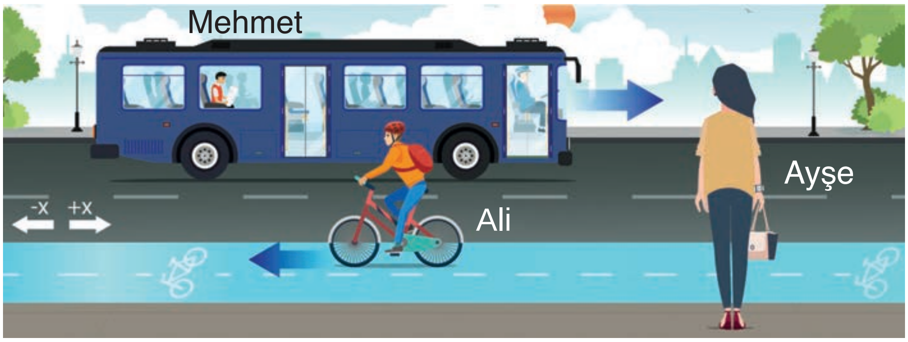
....

....

Bir hareketi tanımlamak için belirlenen sabit noktaya veya sisteme **referans noktası** ya da **referans sistemi** adı verilir. Bir cismin hareket durumu, referans alınan noktaya ya da gözlem çerçevesine göre farklı şekillerde yorumlanabilir. Örneğin Dünya'nın dönme ve dolanma hareketleri kabul görürken ağaçların, evlerin, tabelaların, direklerin vb. cisimlerin durgun olduğu kabul görür. Aslında bunun nedeni cisimlerin hareketini tanımlarken yerkürenin referans alınmasıdır.

Görsel 1.1'de yere göre durgun olan Ayşe, +x yönünde hareketli olan otobüs ve içindeki yolcu Mehmet ile –x yönünde bisiklet süren Ali'nin hareket durumları verilmiştir. Yere göre verilen bu hareket durumlarında Ayşe, Mehmet ve Ali'den herhangi biri referans noktası olarak seçilirse aşağıdaki sonuçlar elde edilebilir.

- Ayşe'ye göre Mehmet +x ve Ali -x yönünde hareket etmektedir.
- Mehmet'e göre otobüs durgundur ve Ayşe ile Ali -x yönünde hareket etmektedir.
- Ali'ye göre Ayşe ve Mehmet +x yönünde hareket etmektedir.



Görsel 1.1: *Yere göre hareketli ve durgun gözlemciler*

Günlük hayatta yere göre durgun olan gözlemcinin koşu bandında koşan birini duruyor gibi görmesi, hareket hâlindeki bir araçta bulunan gözlemcinin yere göre durgun cisimleri ters yönde hareket ediyor gibi görmesi, aracın sürücüsünün yere göre düşey doğrultuda yağan kar tanelerini aracın hareketine zıt yönde hareket ediyor gibi görmesi vb. örnekler bağıl hareketle ilgilidir.

Bir cismin herhangi bir referans sistemindeki gözlemciye göre hareketine **bağıl hareket**, sahip olduğu hıza ise **bağıl hız** denir.

1.13. Soru

Bir cismin herhangi bir referans sistemindeki hareketi gözlemciye göre farklı algılanabilir.

Buna göre

I. Kırmızı ışıkta duran iki araçtan birinin sürücüsünün diğer aracın hareket etmesi durumunda kendi aracını hareket ediyormuş gibi algılaması

II. Ay'ın bizi sürekli takip ediyormuş gibi görünmesi

III. Uçaktan atlayan paraşütçünün hızının uçaktaki ve yerdeki gözlemci tarafından farklı algılanması

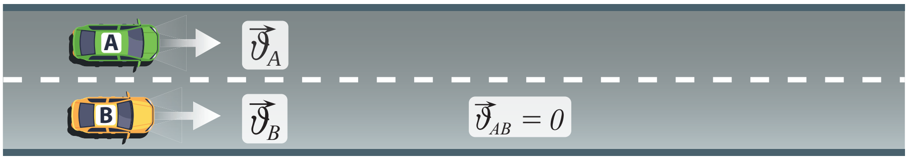
durumlarından hangisi ya da hangileri bağıl harekete örnektir?

Cevap

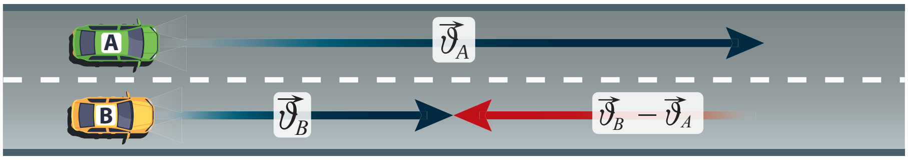
1.2.1. SABİT HIZLI İKİ CİSMİN BİRBİRİNE GÖRE HAREKETİ

Yere göre sabit hızlı iki cismin birbirine göre hareketinde önce gözlenen ve gözlemci tespit edilir. Daha sonra bağıl hız

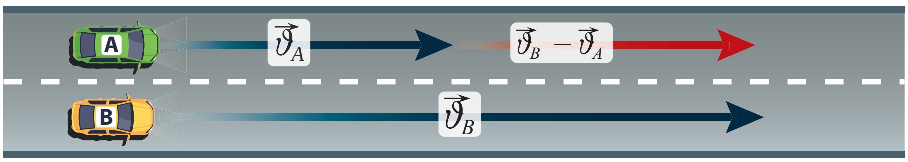
$\vec{\vartheta}_{bağıl} = \vec{\vartheta}_{gözlenen} - \vec{\vartheta}_{gözlemci}$ bağıntısında vektörel işlem yapılarak bulunur.



a) $\vec{\vartheta}_A = \vec{\vartheta}_B$ *ise bağıl hareket*



b) $\vec{\vartheta}_A > \vec{\vartheta}_B$ *ise bağıl hareket*



c) $\vec{\vartheta}_B > \vec{\vartheta}_A$ *ise bağıl hareket*

Şekil 1.16: *Aynı yönde sabit hızlı hareket eden araçlar ve araçların birbirlerine göre hızları*

Şekil 1.16'da aynı yönde $\vec{\vartheta}_A$ ve $\vec{\vartheta}_B$ sabit hızlarıyla hareket eden A ve B araçlarından A aracındaki gözlemci, B aracının hareketini

$\vec{\vartheta}_A = \vec{\vartheta}_B$ ise durgun (Şekil 1.16.a),

$\vec{\vartheta}_A > \vec{\vartheta}_B$ ise geriye doğru (Şekil 1.16.b),

$\vec{\vartheta}_B > \vec{\vartheta}_A$ ise ileriye doğru (Şekil 1.16.c) gidiyormuş gibi algılar.

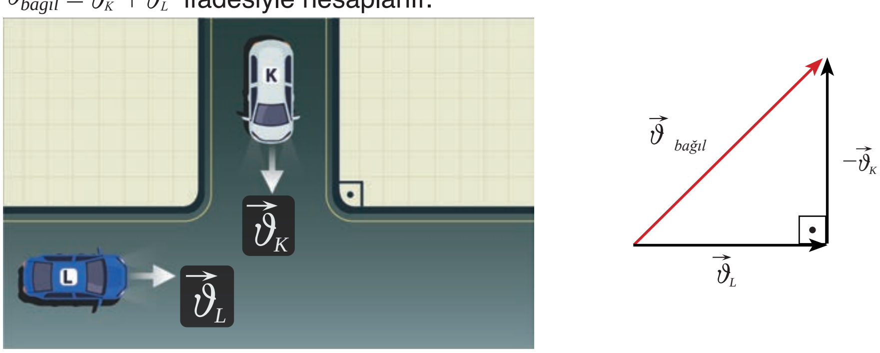
Burada bağıl hız

$\vec{\vartheta}_{bağıl} = \vec{\vartheta}_B - \vec{\vartheta}_A$ işlemi sonucunda bulunur. A gözlemcisine göre B gözleneninin bağıl hızı $\vec{\vartheta}_{AB}$ şeklinde de ifade edilebilir.

Şekil 1.17'de ise farklı doğrultularda $\vec{\vartheta}_K$ ve $\vec{\vartheta}_L$ sabit hızlarıyla hareket eden K ve L araçlarından K aracındaki gözlemciye göre L aracının gözlenen hareketi

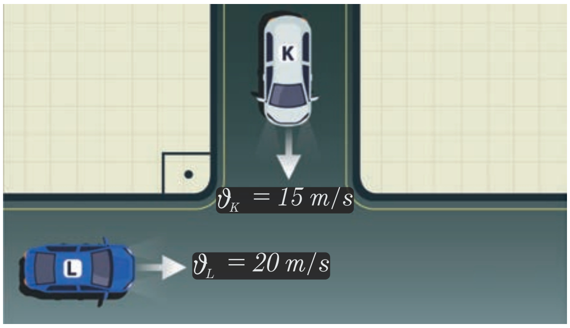
$\vec{\vartheta}_{bağıl} = \vec{\vartheta}_L - \vec{\vartheta}_K$ vektörel işlemiyle gösterilir ve bağıl hızın büyüklüğü

$\vartheta^2_{bağıl} = \vartheta^2_K + \vartheta^2_L$ ifadesiyle hesaplanır.



Şekil 1.17: *Farklı doğrultularda sabit hızlı hareket eden araçlar*

1.10. Örnek



Şekildeki K aracı güneye, L aracıysa doğuya doğru gitmektedir.

Buna göre

a) K aracının sürücüsüne göre L aracının hızının büyüklüğünü ve yönünü bulunuz.

b) L aracının sürücüsüne göre K aracının hızının büyüklüğünü ve yönünü bulunuz.

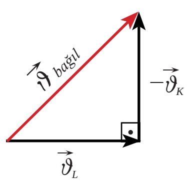
Çözüm

a) K aracının sürücüsü gözlemcidir, L aracı ise gözlenendir. Dolayısıyla

$\vec{\vartheta}_{bağıl} = \vec{\vartheta}_{gözlenen} - \vec{\vartheta}_{gözlemci}$

$\vec{\vartheta}_{bağıl} = \vec{\vartheta}_L - \vec{\vartheta}_K = \vec{\vartheta}_L + (-\vec{\vartheta}_K)$

ifadesinden bağıl hız vektörü



şeklinde çizilir ve büyüklüğü

$\vartheta^2_{bağıl} = \vartheta^2_K + \vartheta^2_L$

$\vartheta^2_{bağıl} = 20^2 + 15^2$

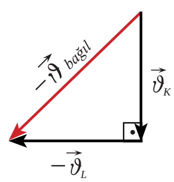
$\vartheta_{bağıl} = 25\ m/s$ olarak bulunur.

b) L aracının sürücüsü gözlemcidir, K aracı ise gözlenendir. Dolayısıyla

$\vec{\vartheta}_{bağıl} = \vec{\vartheta}_{gözlenen} - \vec{\vartheta}_{gözlemci}$

$\vec{\vartheta}_{bağıl} = \vec{\vartheta}_K - \vec{\vartheta}_L = \vec{\vartheta}_K + (-\vec{\vartheta}_L)$

ifadesinden bağıl hız vektörü



şeklinde çizilir ve büyüklüğü

$\vartheta^2_{bağıl} = \vartheta^2_K + \vartheta^2_L$

$\vartheta^2_{bağıl} = 20^2 + 15^2$

$\vartheta_{bağıl} = 25\ m/s$ olarak bulunur.

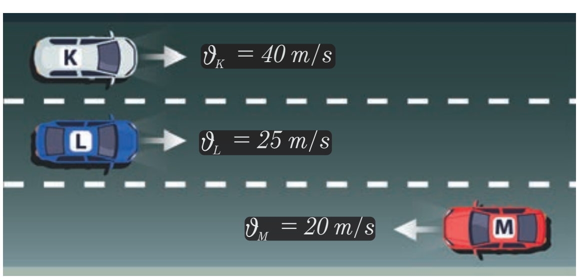
1.11. Örnek

Aynı doğrultu üzerinde hızlarının büyüklüğü birbirine eşit olan iki aracın sürücüsü birbirlerini hangi hız büyüklüğü ile gidiyor görür?

Çözüm

Aynı hız büyüklüğünde ve aynı yönde giden araçlardaki gözlemciler birbirlerini duruyormuş gibi görür.

1.14. Soru



Yere göre şekilde belirtilen yönlerde hareket eden K, L ve M araçlarının hız büyüklükleri $\vartheta_K = 40$ m/s, $\vartheta_L = 25$ m/s ve $\vartheta_M = 20$ m/s'dir.

K aracının sürücüsüne göre L ve M araçlarının hızı nedir?

Cevap

AKLINDA BULUNSUN

1.10. Örnek ve çözümü incelendiğinde gözlenen ile gözlemci rolleri değiştiği zaman bağıl hızın büyüklüğü aynı kalırken yönünün ters olduğu görülmektedir.

Konu ile ilgili animasyon için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

1.2.2. HAREKETLİ BİR ORTAMDAKİ SABİT HIZLI CİSİMLERİN BAĞIL HAREKETİ

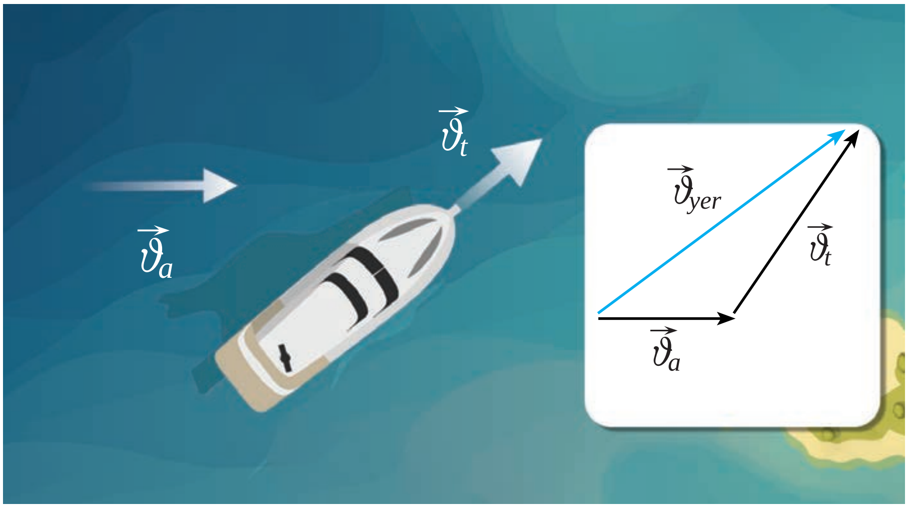
Görsel 1.2'de yürüyen merdivendeki B kişisi, referans noktası olarak seçilirse önünde duran A kişisini hareket etmiyormuş gibi görür. Fakat C kişisi, A ve B'yi yürüyen merdivenle aynı hızla ve aynı yönde hareket ediyormuş gibi görür.

Günlük hayatta yürüyen merdiven örneği ile benzerlik gösteren birçok olay görmek mümkündür. Örneğin istasyonda duran bir kişi, batı yönünde hareket eden yolcu treninde seyahat eden insanları trenle aynı yönde ve aynı hızda gidiyormuş gibi görür. Bu tren içinde doğu yönüne yürüyen bir kişinin oturan yolcuları ve istasyondaki kişiyi nasıl gördüğü ya da yere göre hız değerlerinin ne olduğu ile ilgili bağıl hareketlerinin tanımlanması için yeryüzünde hareketsiz bir referans noktasının belirlenmesi gerekir.



***Görsel 1.2:** Çeşitli ortamlardaki kişilerin hareket durumları ve hareket hâlindeki yürüyen merdiven*

Şekil 1.18'de yere göre hızı $\vec{\vartheta}_a$ olan nehirdeki teknenin akıntıya göre hızı $\vec{\vartheta}_t$ olarak belirtilmiştir. Teknenin yere göre hızı $\vec{\vartheta}_{yer}$, hız vektörleri toplanarak $\vec{\vartheta}_{yer} = \vec{\vartheta}_a + \vec{\vartheta}_t$ eşitliği ile bulunabilir.

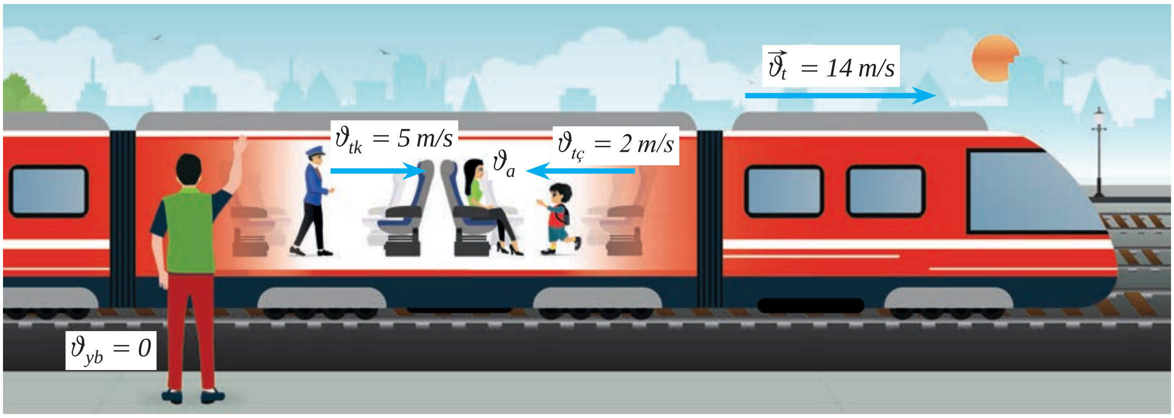


***Şekil 1.18:** Nehirde hareket eden tekne ve teknenin yere göre hız gösterimi*

MERAK UYANDIRAN SORULAR

Nehirlerdeki akıntının hızı, hangi cihazla ve hangi noktaya göre ölçülmektedir?

1.12. Örnek



Bir yolcu treni doğuya doğru, yere göre $\vec{\vartheta}_t = 14$ m/s'lik sabit hızla harekete başlıyor. Bu sırada bir çocuk, yere göre hareketsiz olan babasına el sallayarak batı yönünde ve trene göre sabit $\vec{\vartheta}_{tç} =$ 2 m/s'lik hızla yürüyor. Kompartıman görevlisi ise oturan anneye doğru biletleri kontrol etmek için trene göre $\vec{\vartheta}_{tk} =$ 5 m/s'lik hızla doğuya doğru ilerliyor.

Buna göre

a) Çocuğun hareketsiz duran babasına göre hızını ve yönünü ($\vec{\vartheta}_{yer}$),

b) Annenin kompartıman görevlisine göre hızını ve yönünü ($\vec{\vartheta}_{ka}$),

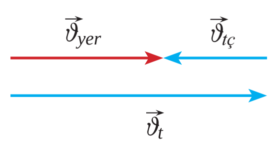
c) Babanın anneye göre hızını ve yönünü ($\vec{\vartheta}_{ab}$),

ç) Kompartıman görevlisinin çocuğa göre hızını ve yönünü bulunuz ($\vec{\vartheta}_{çk}$).

Çözüm

a) Çocuğun hareketsiz duran babasına göre hızı ve yönü, $\vec{\vartheta}_{yer} = \vec{\vartheta}_t + \vec{\vartheta}_{tç}$ işlemi yapılarak bulunabilir.

Tren doğuya doğru 14 m/s'lik hızla giderken çocuk, batıya doğru 2 m/s'lik hızla gitmektedir. Bu durumda çocuğun yere göre hızının büyüklüğü 12 m/s olur. Babası hareketsiz olduğu için çocuğun babasına göre hızı, yere göre hızı ile aynıdır ve çocuk yere göre 12 m/s'lik hızla doğuya doğru hareket etmektedir.

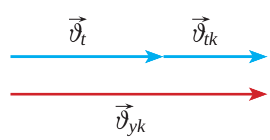


$\vec{\vartheta}_{yer} = \vec{\vartheta}_t + \vec{\vartheta}_{tç}$

$\vec{\vartheta}_{yer} = 14 + (-2) = 12\ m/s$ bulunur. Yönü doğuya doğrudur.

b) Kompartıman görevlisinin önce yere göre hızı

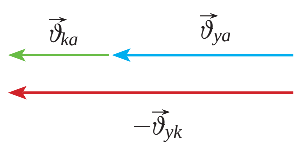
$\vec{\vartheta}_{yk} = \vec{\vartheta}_{tk} + \vec{\vartheta}_t = 5 + 14 = 19\ m/s$ bulunur.



Vektörel toplamdan kompartıman görevlisinin yere göre hızı doğuya doğru 19 m/s olur. Anne, tren içinde hareketsiz olduğundan annenin yere göre hızı trenin hızına eşittir. Kompartıman görevlisi anneyi batıya 5 m/s hızla gidiyormuş gibi görür.

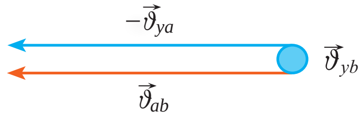
$\vec{\vartheta}_{ka} = \vec{\vartheta}_{ya} - \vec{\vartheta}_{yk}$

$\vartheta_{ka} = 14 - 19 = -5\ m/s$



Devam ediyor.

ç) Annenin yere göre hızı doğuya doğru $14\ m/s$ olarak belirlenmişti. Babanın anneye göre hız büyüklüğü ve yönü $(\vec{\vartheta}_{ab})$, $\vec{\vartheta}_{ab} = \vec{\vartheta}_{yb} - \vec{\vartheta}_{ya}$ eşitliği ile



$\vartheta_{ab} = -14\ m/s$

Babanın anneye göre hızı batıya doğru 14 m/s'lik hız büyüklüğünde bulunur.

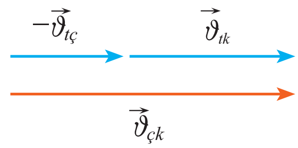
ç) Çocuk ve görevli, aynı hareketli referans sistemi içinde olduklarından çocuğun ve görevlinin yere göre hızları bulunmadan doğrudan trene göre hızları kullanılarak hesaplama yapılabilir.

$\vec{\vartheta}_{tk} = 5\ m/s$ doğu yönünde ve $\vec{\vartheta}_{tç} = 2\ m/s$ batı yönünde verilmişti. Buna göre çocuk, görevliyi

$\vec{\vartheta}_{çk} = \vec{\vartheta}_{tk} - \vec{\vartheta}_{tç}$

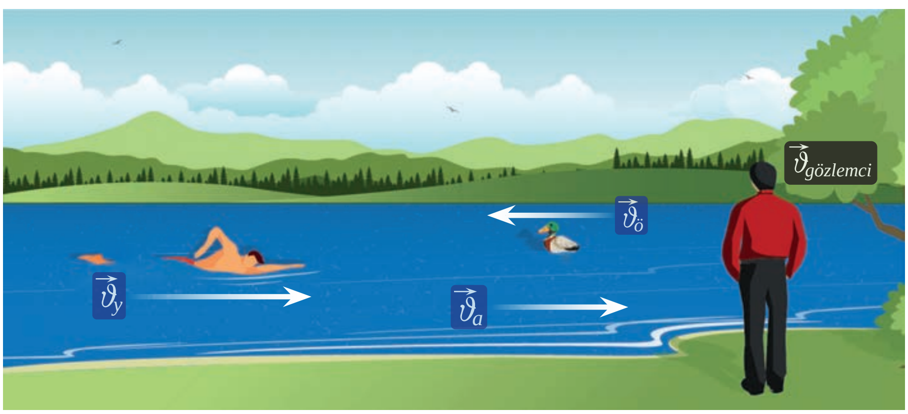
$\vartheta_{çk} = 5 + 2$

$\vartheta_{çk} = 7\ m/s$ hızla doğuya doğru gidiyor görür.



A) Akıntıya Paralel Hareket (Tek Boyutta Hareket)

Görsel 1.3'te nehirde suya göre hızları sabit bir yüzücü ile ördek ve nehir kıyısındaki hareketsiz bir gözlemci verilmiştir. Yüzücü nehirdeki akıntıyla aynı yönde, ördek ise zıt yönde hareket etmektedir.



Görsel 1.3: *Nehirde yüzen yüzücü, ördek ve kıyıdaki gözlemcinin hareket durumları*

Nehir kıyısında duran bir gözlemciye göre akıntının sabit olduğu bir nehirde bulunan yüzücünün ve ördeğin hızları birbirinden farklı olacaktır.

Bağıl hız, hız vektörleriyle hesaplandığına göre

Yüzücünün yere göre hızı

$\vec{\vartheta}_{yery} = \vec{\vartheta}_{y} + \vec{\vartheta}_{a}$

ördeğin yere göre hızı

$\vec{\vartheta}_{yerö} = \vec{\vartheta}_{ö} + \vec{\vartheta}_{a}$ eşitlikleri kullanılarak hesaplanır.

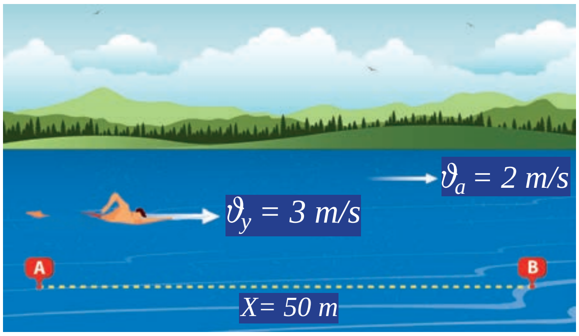
Örneğin ördeğin suya göre hızının büyüklüğü

$\vartheta_{ö} > \vartheta_{a}$ ise ördek gözlemciye göre akıntıya zıt yönde ilerler.

$\vartheta_{ö} < \vartheta_{a}$ ise ördek gözlemciye göre akıntıyla aynı yönde ilerler.

$\vartheta_{ö} = \vartheta_{a}$ ise ördek gözlemciye göre hareketsizdir.

1.13. Örnek



Akıntı hızının sabit ve 2 m/s olduğu bir nehirde yüzücü A noktasından suya göre sabit 3 m/s'lik hızla harekete başlayıp B noktasına ulaştıktan sonra aynı hız büyüklüğü ile A noktasına dönmektedir.

A ve B noktaları arasındaki mesafe 50 m olduğuna göre yüzücü, bu hareketini kaç saniyede tamamlar?

(A ve B noktaları sabit noktalardır.)

Çözüm

Yüzücünün A'dan B'ye giderken yere göre hızının büyüklüğü ϑ_1 ve gidiş süresi t_1, aşağıdaki işlemler yapılarak bulunur.

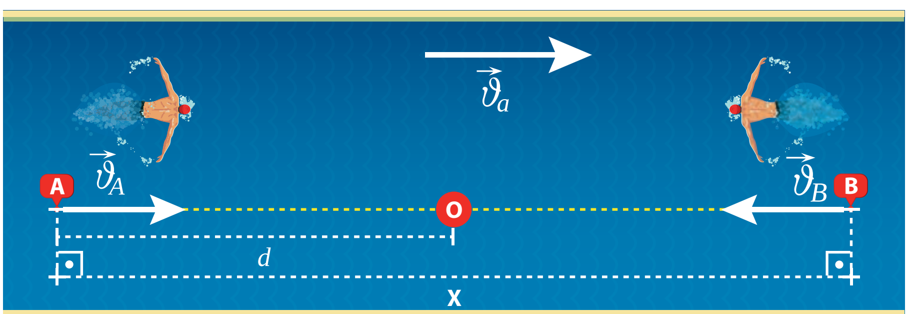
$$\vec{\vartheta}_1 = \vec{\vartheta}_y + \vec{\vartheta}_a \qquad x = \vartheta_1 \cdot t_1$$
$$\vartheta_1 = 3 + 2 \qquad 50 = 5 \cdot t_1$$
$$\vartheta_1 = 5\ m/s \qquad t_1 = 10\ s$$

Yüzücünün B'den A'ya gelirken yere göre hızının büyüklüğü ϑ_2 ve dönüş süresi t_2, aşağıdaki işlemler yapılarak bulunur.

$$\vec{\vartheta}_2 = \vec{\vartheta}_y' + \vec{\vartheta}_a \qquad x = \vartheta_2 \cdot t_2$$
$$\vartheta_2 = (-3) + 2 \qquad 50 = 1 \cdot t_2$$
$$\vartheta_2 = -1\ m/s \qquad t_2 = 50\ s$$

Yüzücünün nehirde hareketini tamamlama süresi $t_1 + t_2 = 10 + 50 = 60\ s$ olur.

Şekil 1.19'daki gibi aralarında x mesafesi bulunan yüzücüler birbirlerine doğru yüzmeye başladıklarında yüzücülerin karşılaşma süresi akıntının hızından bağımsızdır.



Şekil 1.19: *O noktasında karşılaşan A ve B yüzücüleri*

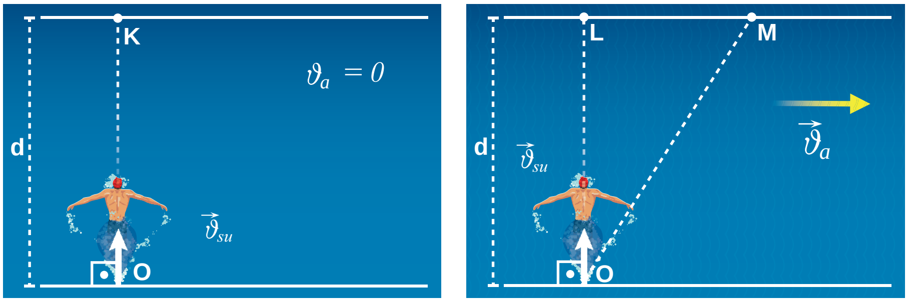
AKLINDA BULUNSUN

Nehrin içinde birbirlerine doğru aynı doğrultuda hareket eden yüzücülerin karşılaşma süresi bulunurken bağıl hızın skaler değeri kullanılır.

A ve B noktalarından aynı anda harekete başlayan yüzücülerin karşılaştıkları O noktasına ulaşma süreleri birbirine eşittir. Buna göre

$$d = (\vartheta_A + \vartheta_a) \cdot t$$
$$+ \quad x - d = (\vartheta_B - \vartheta_a) \cdot t$$
$$x = (\vartheta_A + \vartheta_B) \cdot t$$
$$t = \frac{x}{\vartheta_A + \vartheta_B} \text{ olur.}$$

B) Akıntıya Dik Doğrultuda Hareket (İki Boyutta Hareket)



***a)** Durgun suda yüzen yüzücü* ***b)** Akıntıya dik doğrultuda yüzen yüzücü*

***Şekil 1.20:** Yüzücünün durgun suda ve sabit hızla akan nehirden karşı kıyıya çıkma durumları*

Şekil 1.20.a'da nehirde akıntı hızı ($\vec{\vartheta}_a$) yokken O noktasından suya dik olarak giren yüzücü, K noktasından karşı kıyıya çıkar. Akıntı hızı olmadığından yüzücünün suya göre hızı ($\vec{\vartheta}_{su}$) ile yüzücünün yere göre hızı ($\vec{\vartheta}_{yer}$) eşittir. Yüzücünün yere göre hızı, nehrin genişliği (d) ve karşı kıyıya çıkma süresi arasındaki ilişki

$d = \vartheta_{yer} \cdot t$ eşitliği ile bulunur.

Şekil 1.20.b'de nehirde akıntı hızı ($\vec{\vartheta}_a$) varken nehre dik doğrultuda suya göre ($\vec{\vartheta}_{su}$) hızıyla giren yüzücü, akıntının etkisiyle karşı kıyıdaki M noktasında çıkar. Yüzücünün karşı kıyıda nerede çıkacağını belirleyen etmen, yüzücünün yere göre hızıdır. Yüzücünün yere göre hızı

$\vec{\vartheta}_{yer} = \vec{\vartheta}_{su} + \vec{\vartheta}_a$ bağıntısı ile bulunur.

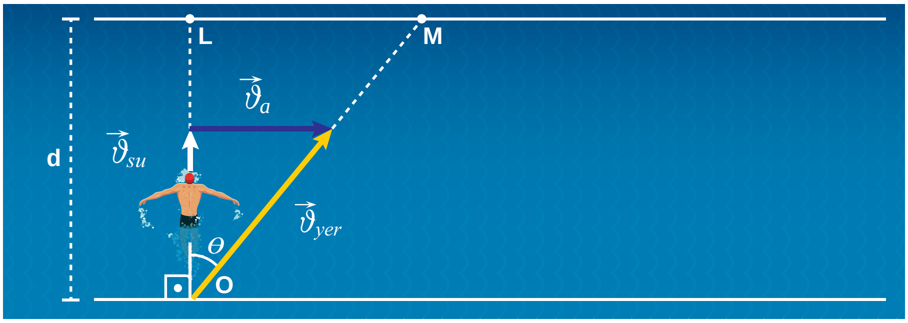
İPUCU

Yüzücü nehre dik olarak girdiğinden hızların büyüklüğü Pisagor bağıntısından yararlanılarak bulunabilir.

Yüzücü, suya göre OL doğrultusunda yüzmesine rağmen yere göre OM doğrultusunda hareket eder (Şekil 1.21).

Nehrin genişliği, karşı kıyıya çıkma süresi ve yüzücünün nehre dik olan hız bileşeni kullanılarak

$d = \vartheta_{su} \cdot t$ eşitliği yazılabilir.



***Şekil 1.21:** Yüzücünün suya ve yere göre hareket durumu*

Şekildeki yüzücüyü karşı kıyıya L noktasından değil, M noktasından çıkaran etki akıntıdır. θ açısı, akıntıdan dolayı yüzücünün sapma açısıdır. Cismin karşı kıyıya çıkma süresi ile sürüklenme süresi aynı olacağından yüzücünün sürüklenme mesafesi

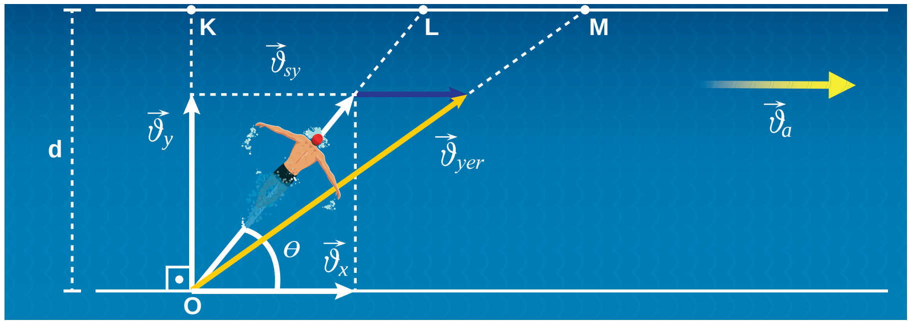
$|LM| = \vartheta_a \cdot t$ bağıntısı ile bulunur.

OM yolu Pisagor bağıntısından bulunabileceği gibi aşağıdaki bağıntıdan da hesaplanabilir.

$|OM| = \vartheta_{yer} \cdot t$

İPUCU

Karşıya geçme süresi akıntının hızına bağlı değildir.
Karşı kıyıya geçme süresi, akıntıya dik bileşenle bulunur.



Şekil 1.22: *Yüzücünün yatayla θ açısı yapacak şekilde L noktasını hedef alarak suya girmesi*

Şekil 1.22'de yüzücünün suya göre hız vektörünün yatay ve düşey bileşenleri bulunur. Yüzücünün düşey hız bileşeni, karşı kıyıya geçme süresi hakkında; yatay hız bileşeni ve akıntı hızı ise yatayda aldığı yol hakkında bilgi verir. Buna göre

Düşeyde yüzücünün suya göre hız vektörünün y bileşeni

$\vartheta_y = \vartheta_{sy} \cdot sin\,\theta$ olduğundan bu hız

$d = \vartheta_y \cdot t$ bağıntısında kullanılır.

Yatayda yüzücünün suya göre hız vektörünün x bileşeni kullanılarak KL mesafesi

$\vartheta_x = \vartheta_{sy} \cdot cos\,\theta$ olduğundan bu hız

$|KL| = \vartheta_x \cdot t$ bağıntısında kullanılır.

Akıntının yüzücüyü sürüklediği LM mesafesi

$|LM| = \vartheta_a \cdot t$ bağıntısı kullanılarak bulunur. Bu durumda yüzücü, hedef aldığı L noktasında değil M noktasında karşı kıyıya çıkar. Yüzücünün yatayda aldığı toplam yol

$|KM| = |KL| + |LM|$

$|KM| = (\vartheta_x + \vartheta_a) \cdot t$ olur.

1.2.3. BAĞIL HAREKET İLE İLGİLİ HESAPLAMALAR

1.14. Örnek



Görselde bir alışveriş merkezinde bulunan asansör kabinlerinin temsilî çizimi gösterilmektedir. Asansör kabinleri şeffaf malzemelerden yapılmıştır. **Buna göre**

a) 1. asansör yolunda yukarı doğru 10 m/s hızla çıkan Bade, 2. asansör yolunda aşağı doğru 10 m/s hızla inen Defne'yi kaç m/s hızla ve hangi yönde hareket ediyormuş gibi görür?

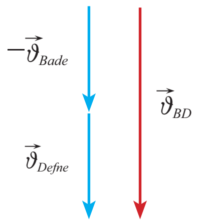
b) 2. asansör yolunda 10 m/s hızla aşağıya inen Defne, 3. asansör yolunda 20 m/s hızla yukarıya çıkan Eylül'ü kaç m/s hızla ve hangi yönde hareket ediyormuş gibi görür?

c) 1. asansör yolunda yukarıya 10 m/s hızla çıkan Bade, 3. asansör yolunda yukarıya 20 m/s hızla çıkan Eylül'ü kaç m/s hızla ve hangi yönde hareket ediyormuş gibi görür?

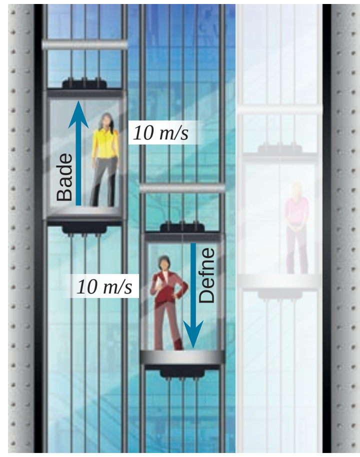
Devam ediyor.

Çözüm

a) Defne'nin Bade'ye göre hızı $\vec{\vartheta}_{BD}$

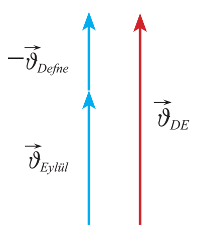


$$\vec{\vartheta}_{BD} = \vec{\vartheta}_{Defne} - \vec{\vartheta}_{Bade}$$
$$\vartheta_{BD} = 10 - (-10)$$
$$\vartheta_{BD} = 20\ m/s$$

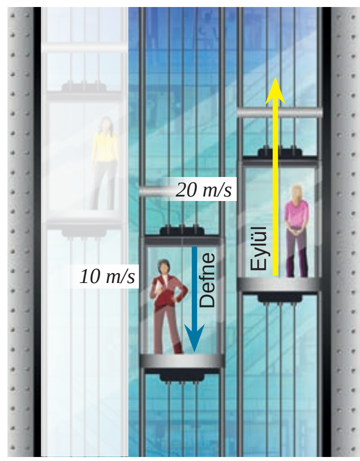


Bade, Defne'yi 20 m/s hız ile aşağı doğru gidiyormuş gibi görür.

b) Eylül'ün Defne'ye göre hızı $\vec{\vartheta}_{DE}$

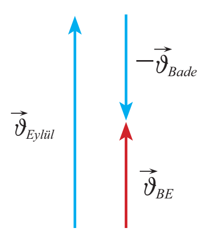


$$\vec{\vartheta}_{DE} = \vec{\vartheta}_{Eylül} - \vec{\vartheta}_{Defne}$$
$$\vartheta_{DE} = 20 - (-10)$$
$$\vartheta_{DE} = 30\ m/s$$

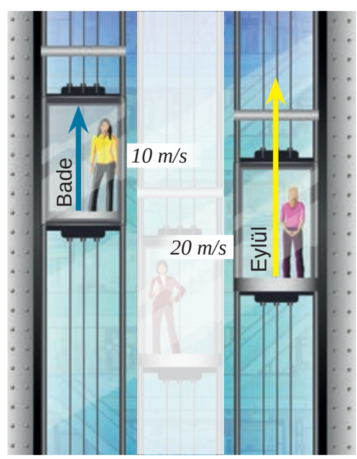


Defne, Eylül'ü 30 m/s hız ile yukarı doğru gidiyormuş gibi görür.

c) Eylül'ün Bade'ye göre hızı $\vec{\vartheta}_{BE}$



$$\vec{\vartheta}_{BE} = \vec{\vartheta}_{Eylül} - \vec{\vartheta}_{Bade}$$
$$\vartheta_{BE} = 20 - 10$$
$$\vartheta_{BE} = 10\ m/s$$



Bade, Eylül'ü 10 m/s hızla yukarı doğru gidiyormuş gibi görür.

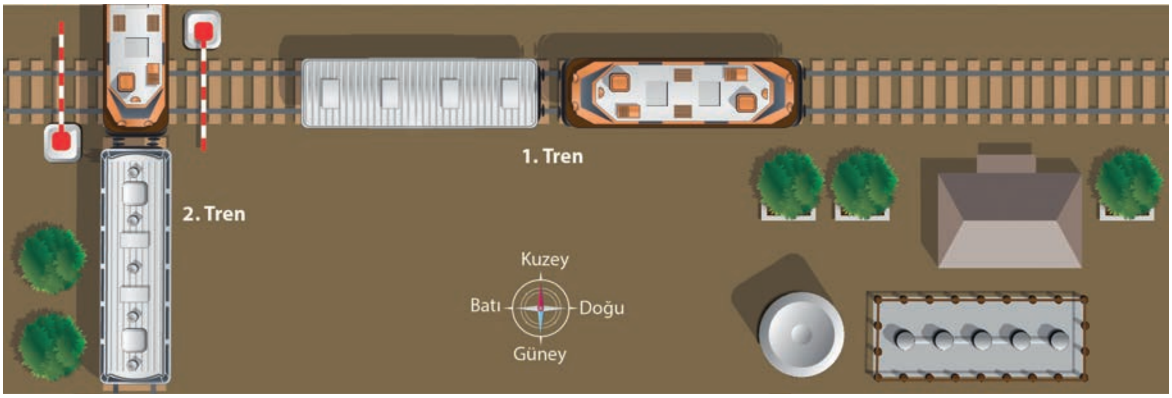
MERAK UYANDIRAN SORULAR

Ay, neden sizi sürekli takip ediyormuş gibi görünür?

Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

Konu ile ilgili simülasyon için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

1.15. Örnek



Görsel, iki trenin dronla çekilmiş fotoğrafının temsilî çizimidir. 1. tren doğu, 2. tren kuzey yönünde 30 m/s sabit hızla hareket etmektedir. Her trende bir makinist ve bir görevli bulunmaktadır. Trenlerdeki görevli ve makinistler yerlerinde oturmaktadır. Makinistin yere göre hızı $\vec{\vartheta}_M$, görevlinin yere göre hızı $\vec{\vartheta}_G$ ve görevliye göre makinistin hızı $\vec{\vartheta}_{GM}$ olduğuna göre

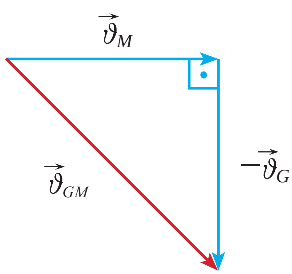
a) 2. trende bulunan bir görevli, 1. trendeki makinisti hangi yöne doğru ve kaç m/s hızla gidiyormuş gibi görür?

b) 1. trende bulunan görevli, 2. trendeki görevliyi hangi yöne doğru ve kaç m/s hızla gidiyormuş gibi görür?

Çözüm

a) Görevliye göre makinistin hızı olan $\vec{\vartheta}_{GM}$nin yönü

$\vec{\vartheta}_{GM} = \vec{\vartheta}_M - \vec{\vartheta}_G$ bağıntısıdan yararlanılarak



Hızının büyüklüğü ise

$$\vartheta_{GM}^2 = \vartheta_M^2 + \vartheta_G^2$$

$$\vartheta_{GM}^2 = 30^2 + 30^2$$

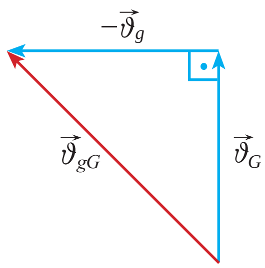
$$\vartheta_{GM} = 30\sqrt{2}\ m/s$$

Görevli, makinisti güneydoğu yönünde $30\sqrt{2}$ m/s hızla gidiyormuş gibi görür.

b) 1. trendeki görevlinin hızı $\vec{\vartheta}_g$ ve 2.trendeki görevlinin hızı $\vec{\vartheta}_G$dir.

1. trendeki görevliye göre 2. trendeki görevlinin hızı olan $\vec{\vartheta}_{gG}$ yönü

$\vec{\vartheta}_{gG} = \vec{\vartheta}_G - \vec{\vartheta}_g$ bağıntısıdan yararlanılarak güneydoğu yönünde bulunur.



Hızının büyüklüğü ise

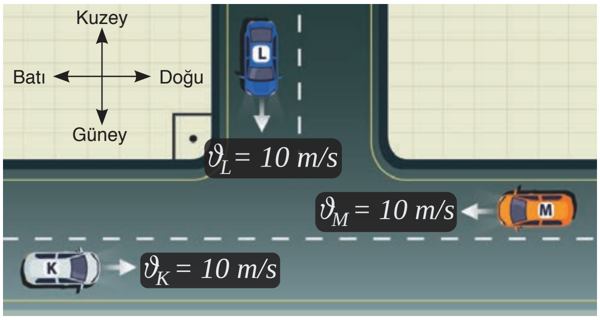
$$\vartheta_{gG}^2 = \vartheta_g^2 + \vartheta_G^2$$

$$\vartheta_{gG}^2 = 30^2 + 30^2$$

$$\vartheta_{gG}^2 = 30\sqrt{2}\ m/s$$

1. vagondaki görevli, 2. vagondaki görevliyi kuzeybatı yönünde $30\sqrt{2}$ m/s hızla gidiyormuş gibi görür.

1.14. Soru



Şekilde yere göre hareketleri verilen K, L ve M araçlarından K aracı doğuya 10 m/s, L aracı güneye 10 m/s ve M aracı batıya 10 m/s hızla gitmektedir.

Buna göre K, L ve M araçlarının sürücüleri sırayla gözlemci olarak belirlendiğinde diğer araçları hangi yönde ve kaç m/s hız büyüklüğünde gidiyormuş gibi görür?

Cevap

AKLINDA BULUNSUN

Bir K gözlemcisi, L hareketlisini -x yönünde gidiyormuş gibi görüyorsa bu gözlem sırasında kendisini +x yönünde gidiyormuş gibi algılar.

1.16. Örnek

Doğrusal bir yörüngede ve paralel yollarda sabit hızla hareket eden A ve B araçlarından A aracının sürücüsü, B aracına baktığında B aracını güney yönünde ϑ hız büyüklüğü ile gidiyormuş gibi görüyor.

B aracının yere göre hızı güney yönünde 4ϑ büyüklüğünde olduğuna göre A aracının yere göre hızı nedir?

Çözüm

$\vec{\vartheta}_{bağıl} = \vec{\vartheta}_{gözlenen} - \vec{\vartheta}_{gözlemci}$

$\vec{\vartheta}_{bağıl} = \vec{\vartheta}_B - \vec{\vartheta}_A = \vec{\vartheta}_B + (-\vec{\vartheta}_A)$ ifadesinden A aracının hız büyüklüğü

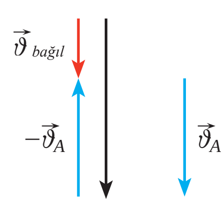
$\vartheta_{bağıl} = \vartheta_B - \vartheta_A$

$\vartheta = 4\vartheta - \vartheta_A$

$\vartheta_A = 3\vartheta$ bulunur.

A aracının hızı güney yönünde 3ϑ büyüklüğünde olur.

A aracının hızının gösterimi

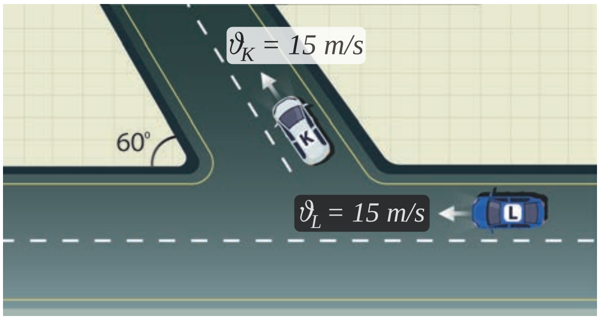


1.15. Soru

Doğu yönünde hareket eden A, B ve C araçlarından A aracının sürücüsü, B aracını doğuya ve C aracını batıya gidiyormuş gibi gözlemlediğine göre araçların hız büyüklükleri ϑ_A, ϑ_B ve ϑ_C nasıl sıralanır?

Cevap

1.17. Örnek



Şekilde verilen yönlerde hareket eden K ve L araçlarının hızları 15 m/s büyüklüğündedir.

L aracının sürücüsüne göre K aracının hızı nedir?

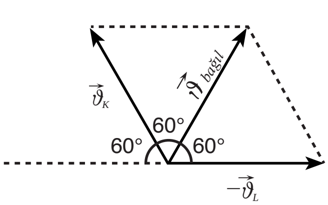
$(\cos 60° = 0,5 \text{ ve } \cos 120° = -0,5)$

Çözüm

L aracının sürücüsü gözlemci, K aracı ise gözlenendir.

$\vec{\vartheta}_{bağıl} = \vec{\vartheta}_{gözlenen} - \vec{\vartheta}_{gözlemci}$

$\vec{\vartheta}_{bağıl} = \vec{\vartheta}_K - \vec{\vartheta}_L = \vec{\vartheta}_K + (-\vec{\vartheta}_L)$



$\vec{\vartheta}_{bağıl}$ın büyüklüğü kosinüs teoreminden

$\vartheta^2_{bağıl} = \vartheta^2_K + \vartheta^2_L + 2 \cdot \vartheta_K \cdot \vartheta_L \cdot \cos 120°$

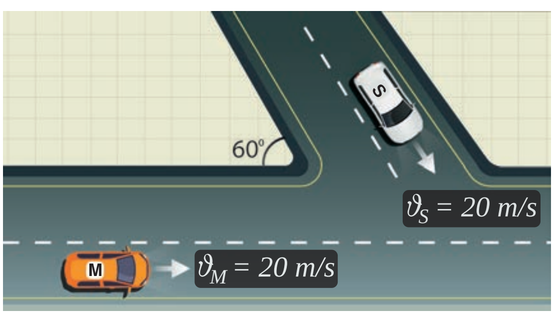
$\vartheta^2_{bağıl} = 15^2 + 15^2 + 2 \cdot 15 \cdot 15 \cdot (-0,5)$

$\vartheta_{bağıl} = 15\ m/s$ olur.

AKLINDA BULUNSUN

Eşit büyüklükteki vektörlerin bileşkesi alınırken vektörler arasındaki açının 120° olduğu özel durum kullanılarak da aynı sonuca ulaşılabilir.

1.16. Soru



Şekilde verilen yönlerde hareket eden M ve S araçlarının hızları 20 m/s büyüklüğündedir.

M aracının sürücüsüne göre S aracının hızının büyüklüğü nedir?

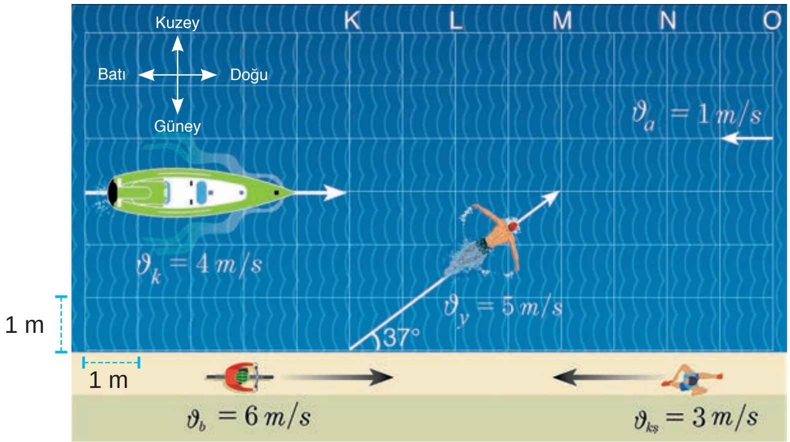
$(\cos 60° = 0,5 \text{ ve } \cos 120° = -0,5)$

Cevap

3. UYGULAMA

Aşağıdaki şekilde her bir bölmesi 1 m olarak eşit bölmelendirilmiş nehir verilmiştir. Batı yönünde 1 m/s sabit hızla ($\vec{\vartheta}_a$) akmakta olan nehirde suya göre 4 m/s hızla ($\vec{\vartheta}_K$) doğu yönünde ilerleyen bir kayık ve 5 m/s hızla kıyıya 37°lik açıyla yüzen yüzücü ($\vec{\vartheta}_y$) bulunmaktadır. Nehrin akış yönüne paralel olan yürüyüş yolunda ise birbirine zıt yönde hareket eden koşucu ve bisikletli sırasıyla 3 m/s ve 6 m/s büyüklüğündeki sabit hızlarla hareket etmektedirler. Buna göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

($\cos 37° = 0,8$; $\sin 37° = 0,6$ alınız.)



1. Yüzücü karşı kıyıdaki hangi noktaya çıkar?

....

2. Yüzücü kayığı hangi hızda ve hangi yönde gidiyormuş gibi görür?

....

3. Akıntı hızı olmasaydı yüzücü, kayığı hangi hızda ve hangi yönde gidiyormuş gibi görürdü?

....

4. Bisikletli, yüzücü ve kayığı hangi hızda ve hangi yönde gidiyormuş gibi görür?

....

5. Koşucu, bisikletliyi hangi hızda ve hangi yönde gidiyormuş gibi görür?

....

6. Koşucunun ve bisikletlinin hareketi sırasında nehrin akıntı hızına eşit büyüklükte ve aynı yönde bir rüzgârın çıktığı kabul edilirse koşucu, bisikletliyi hangi hızda ve hangi yönde gidiyormuş gibi görür?

....

7. Verdiğiniz cevaplardan yararlanarak hareketli bir ortamda sabit hızlı cisimlerin bağıl hareketinin hangi faktörlerden etkilendiğine ilişkin nasıl bir genelleme yapabilirsiniz?

....

....

....

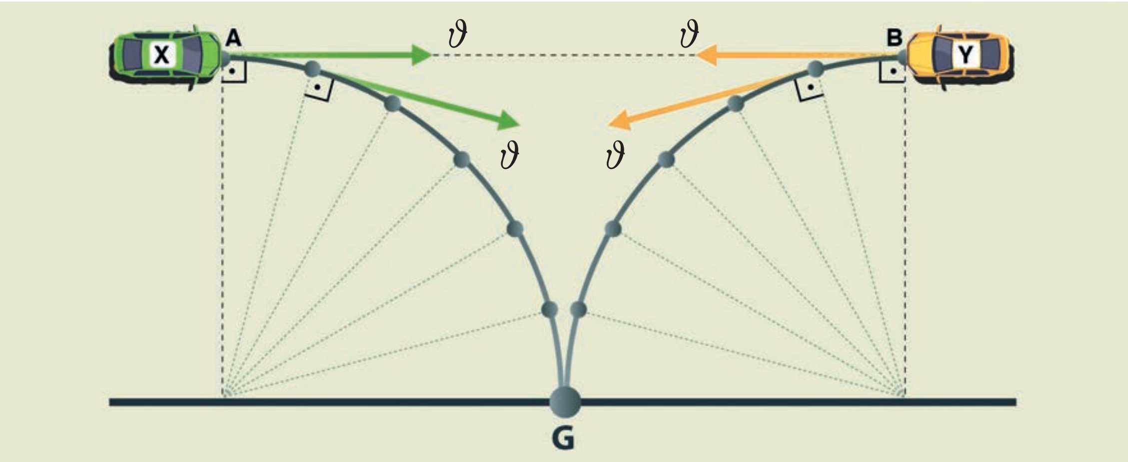
1. ETKİNLİK

Etkinlik Adı	***DÖNERKEN NASIL GÖRÜYORUM?***	*30 dk.*
Amacı	*Bağıl hareket hesaplamalarını analiz edebilme.*	*Grup etkinliği*
Araç Gereç	*tablolama programı, milimetrik kâğıt*	

1. Yönerge: *Etkinliğin yapılacağı günün bir hafta öncesinden grafik çizmek için tablolama programlarını araştırınız. Öğretmen rehberliğinde 5 kişilik gruplara ayrılınız. Gruptaki her öğrenci birer grup üyesidir. Kendinize bir görev seçiniz ve tüm soruları cevaplayınız. Etkinlik sırasında "Takım Çalışması ve Liderlik Becerisine Yönelik Değerlendirme Formu" nu ölçme ve değerlendirme aracı olarak kullanabilirsiniz.*

	Görev	Bu Çalışmadaki Görev Tanımı
Grup Üyeleri	**Materyal yöneticisi**	Tablolama programı ve milimetrik kâğıdı temin etmek.
	Düzenleyici	Hesaplama yapma, tablodaki boşluk doldurma ve grafik çizimi görevlerinin tüm grup üyelerince yerine getirilme durumunu kontrol etmek.
	İzleyici	Grubunun çalışmalarını zamanında teslim etmeleri için süreyi kontrol etmek.
	Yazıcı	Çalışma sonucunda elde edilen verileri kaydetmek ve rapor yazmak.
	İletişimci	Çalışma sonucunda hazırlanan raporu sınıf arkadaşlarıyla paylaşmak.

2. Yönerge: *Aşağıdaki soruları cevaplayınız ve etkinlik sonundaki öz değerlendirme formunu doldurunuz.*



İki dairesel pistte sabit süratle hareket eden X ve Y araçları görülmektedir. Bu araçlar pist üzerindeki ardışık iki bölme arasını 1 saniyede almaktadır. A ve B noktalarındaki araçların hız büyüklükleri eşit ve 1 m/s'dir.

Değerlendirme

1. soru: Harekete aynı anda başlayan araçlardaki sürücülerin başlangıç anı dâhil olmak üzere 1, 2, 3, 4, 5 ve 6. saniyede birbirlerini hangi hız değerleri (bağıl hız büyüklüğü) ile gördüklerini hesaplayınız ve sonuçlarınızı aşağıdaki tabloya yazınız.

Devam ediyor.

t (s)	$\vartheta_{bağıl}$ (m/s)
0	2
1	$\sqrt{2+\sqrt{3}}$
2	
3	
4	
5	
6	

2. soru: Tablodaki verilere göre araçların bağıl hız-zaman grafiğini tablolama programları ve milimetrik kâğıttan yararlanarak her ikisi ile de çiziniz. Çizimleri birbirleri ile karşılaştırınız.

3. soru: X ve Y araçları pistlerde G noktasından A ve B noktalarına doğru sabit süratlerle hareket etselerdi grafiğinizde ne değişirdi? Bu durumu gösteren bir bağıl hız-zaman grafiği çizerek yorumlayınız.

4. soru: Çalışma sonuçlarınızı gözden geçirerek bağıl hızın zamana göre değişimini yorumlayarak sonuçları raporlaştırınız ve hazırladığınız raporunuzu sınıf arkadaşlarınızla paylaşınız.

ÖZ DEĞERLENDİRME FORMU			
Adı Soyadı		**Etkinlik Tarihi**	

1	Bu etkinlikte ne öğrendim? ....
2	Bu etkinliğe ne gibi katkılarım oldu? ....
3	Etkinlik sırasında başarılı olduğumu fark ettiğim alanlar oldu mu? Olduysa bu alanlar nelerdir? ....
4	Etkinlik sırasında başarısız olduğumu fark ettiğim alanlar oldu mu? Olduysa bu alanlar nelerdir? ....
5	Etkinlikte hangi durumlarda yardıma ihtiyacım oldu? ....
6	Bu etkinliği grupla mı yoksa bireysel olarak mı yapmayı tercih ederim? ....
7	Bir başka etkinlikte aynı grupla çalışma fırsatı bulursam neyi farklı yaparım? Neden? ....
8	Bu etkinlikten öğrendiklerimle kendime ne tavsiye ederim? ....

Not: ....
....
....
....

Takım çalışması ve liderlik becerisine yönelik değerlendirme formu için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

2. BÖLÜM ÇALIŞMA SORULARI

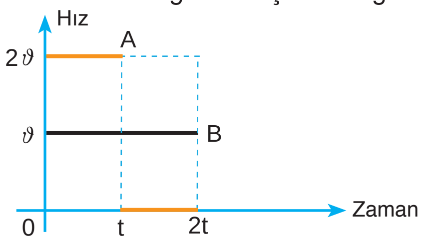
1. Soru

4ϑ hız büyüklüğü ile doğuya doğru ilerleyen X aracının sürücüsü, Y aracını kuzeye doğru 3ϑ hız büyüklüğü ile ilerliyor görmektedir.

Buna göre Y aracının hızının büyüklüğü kaç ϑ'dir?

2. Soru

Doğrusal bir yörüngede hareket eden A ve B araçlarına ait hız-zaman grafikleri şekildeki gibidir.

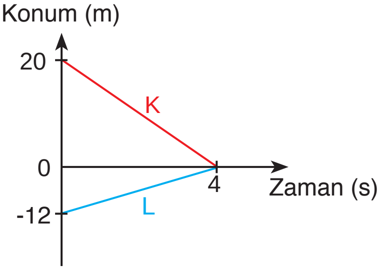


Buna göre A aracının B aracına göre hareketini inceleyerek tablodaki boşlukları doldurunuz.

Zaman	A'nın Hız Büyüklüğü	B'nin Hız Büyüklüğü	A'nın B'ye Göre Hızının Büyüklüğü
0-t			
t-2t			

3. Soru

Sürtünmelerin ihmal edildiği ve paralel doğrusal yollarda hareket eden K ve L araçlarının konum-zaman grafiği şekilde verilmiştir.



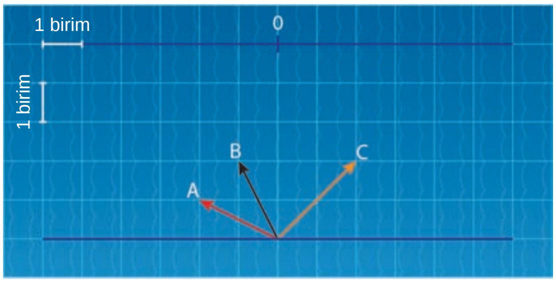
K aracının batı yönünde hareket ettiği bilindiğine göre K aracındaki gözlemciye göre L aracının hızı ne olur?

4. Soru

Sabit hızlarla hareket eden A, B ve C koşucularından A koşucusu; hız büyüklüğü batı yönünde 3ϑ'dir. A koşucusu B koşucusunu doğu yönünde ϑ hız büyüklüğü ile, C koşucusunu ise batı yönünde 6ϑ hız büyüklüğü ile hareket ettiğini görmektedir.

Buna göre B koşucusunun C koşucusuna göre hızının büyüklüğü ve yönü nedir?

5. Soru



Görselde akıntı hızının sabit büyüklükte olduğu nehirde A ve B yüzücülerinin suya göre, C yüzücüsünün ise yere göre hız vektörleri verilmektedir. Birim karelerin kenarları 1 birim olduğuna göre

a) **A, B ve C yüzücülerinin karşı kıyıya çıkma süreleri sırasıyla t_A, t_B ve $t_C$dir. Yüzücülerin karşı kıyıya çıkma sürelerini büyükten küçüğe doğru sıralayınız.**

b) **A yüzücüsü karşı kıyıya O noktasından çıkarsa A, B ve C yüzücülerinin karşı kıyıya çıktıkları noktaların O noktasına olan uzaklıklarını ifade eden X_A, X_B ve $X_C$yi büyükten küçüğe doğru sıralayınız.**

c) **Akıntı hızının büyüklüğü ile C yüzücüsünün suya göre hızının büyüklüklerinin oranı kaçtır? Hesaplayınız.**

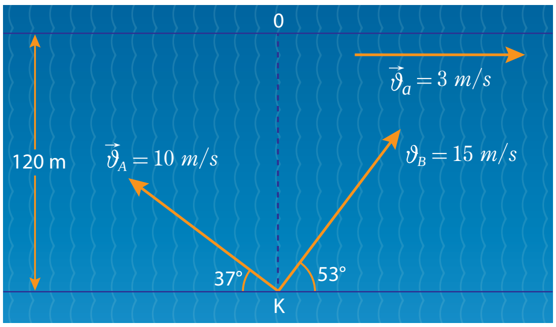
Devam ediyor.

6. Soru

Doğrusal yörüngelerde sabit hızlarla hareket eden X ve Y araçlarından Y aracının sürücüsü, X aracına baktığında kendisini kuzeye 3ϑ büyüklüğündeki hızla gidiyormuş gibi görüyor.

X aracının yere göre hızı doğuya 4ϑ büyüklüğünde olduğuna göre Y aracının yere göre hızını vektör gösterimleri ile birlikte çizerek bulunuz.

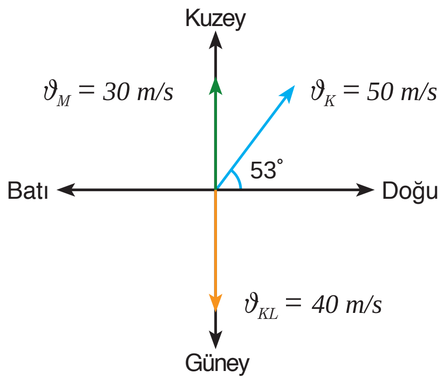
7. Soru



Akıntı hızının ($\vec{\vartheta}_a$) sabit olduğu nehirde K noktasından suya göre şekildeki hızlarla harekete başlayan A ve B hareketlilerinin karşı kıyıya vardıkları noktaların O noktasına olan uzaklıklarının oranı kaçtır?

($\sin 53^\circ = \cos 37^\circ = 0,8$ alınız.)

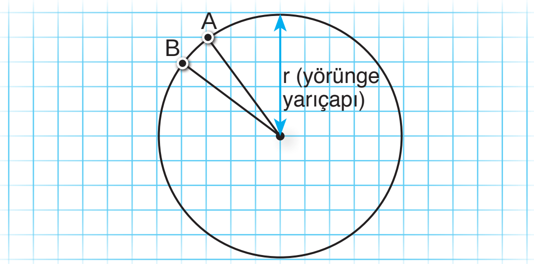
8. Soru



Şekildeki gibi doğrusal yollarda sabit hızlarla hareket eden K, L ve M araçlarından K aracının hız büyüklüğü $\vartheta_K = 50\ m/s$, M aracının ise $\vartheta_M = 30\ m/s$'dir. K aracındaki sürücü, L aracının hız büyüklüğünü $\vartheta_{KL} = 40\ m/s$ olarak görmektedir.

L aracının sürücüsüne göre M aracının hızı nedir?

9. Soru



Şekildeki gibi sürtünmesiz yatay dairesel bir yörüngede hareket eden iki cisim, saatin tersi yönünde sabit 5 m/s hızla hareket etmektedir.

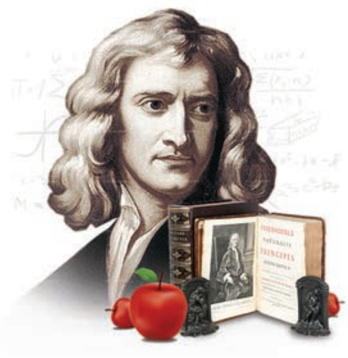
Cisimlerden biri A, diğeri B noktasında iken birbirlerine göre hızlarının büyüklüğü kaç m/s olur?

1.3. NEWTON'IN HAREKET YASALARI

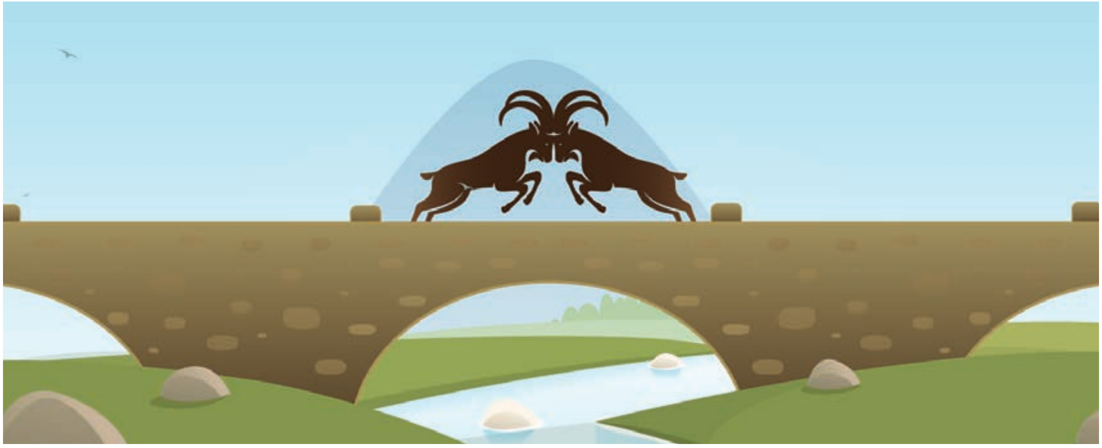
HAZIR MISINIZ?

HAREKETİN TEMELİ

Cisimlere uygulanan kuvvet sonucunda cisimde meydana gelen hareket değişikliği Copernicus (Kopernik), Kepler (Kepler) ve Galileo (Galilo) gibi birçok bilim insanı tarafından araştırma konusu olmuştur. Bu bilim insanlarının yaptıkları çalışmaları dikkate alan Sir Isaac Newton (Sör Ayzek Nüvtın), Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica [Filozofiya Natüralis Prinçipia Matematika (Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri)] adlı kitabını 1687 yılında Latince yayımlamıştır. Kendi adıyla anılan Newton Hareket Yasaları şu şekildedir:



- Tüm cisimler, bir kuvvet tarafından durumunu değiştirmeye zorlanmadıkça düzgün doğrusal hareketini veya durağanlığını korur.
- Hareket değişimi, uygulanan kuvvet ile orantılıdır.
- Her etkiye her zaman eş değer bir tepki vardır ya da iki cismin birbiri üzerindeki karşılıklı etkileri her zaman eşit büyüklükte ve zıt yönlüdür.



Soru : "İki inatçı keçi bir köprüde karşılaşmış, kafa kafaya gelmiş ama birbirlerine üstünlük kuramamışlardır." ifadesi ile Newton'ın (Nivtın) "İki cismin birbiri üzerindeki karşılıklı etkileri her zaman eşit ve zıt yönlüdür." ifadesini ilişkilendirerek açıklayınız.

....

....

....

....

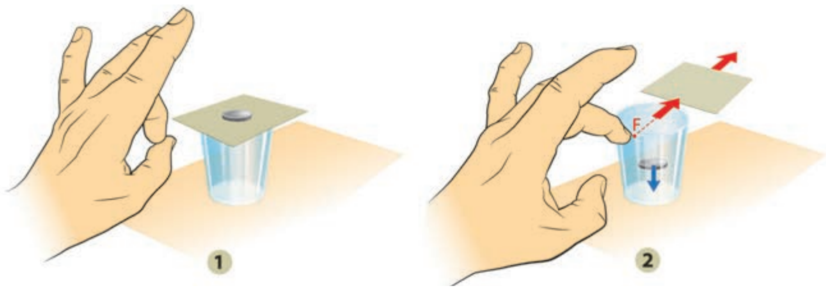
....

....

....

16. yy.dan önce birçok bilim insanı maddelerin doğal hâllerini durgun hâlleri olarak kabul etmekteydi. Bu yüzden hareketli bir maddenin mutlaka duracağı düşüncesi hâkimdi. İbn-i Sina ve Galileo Galilei (Galilo Galile) gibi bilim insanlarının öne sürdüğü görüş şu şekildedir: Hareketli maddeler, doğal hâllerinde var olan hareket durumlarına (durmak ya da hareketli olmak) devam etme eğilimindedir.

Bir bardağın ağzına kapatılmış bir karton parçasının üzerine konularak dengelenmiş madenî para hareketsizdir. Kartona belli bir büyüklükte kuvvet uygulayıp kartonu hareketlendirirseniz durma eğiliminde olan madenî para "durağanlığını koruyarak" bardağın içine düşebilir (Görsel 1.4).



Görsel 1.4: *Bardağın içine düşen madenî para*

A) Newton'ın Birinci Hareket Yasası (Eylemsizlik Prensibi)

Durgun bir otobüste ayakta duran bir kişi, aracın ileri yönlü hareketine rağmen neden geriye doğru savrulur?

Birden çok kuvvetin yaptığı etkiyi tek başına yapabilen kuvvete **net kuvvet** (bileşke kuvvet) denir. Bir cismin üzerindeki net kuvvet sıfır ise o cisim ya hareketsizdir ya da sabit hızlı hareketine devam eder. Bir başka deyişle cisim üzerindeki net kuvvet sıfır ise cisim hızlanma veya yavaşlama hareketi yapmaz. Cisim, hızlanma veya yavaşlama hareketine zorlanırsa hız değişimine direnç gösterecektir. Bu dirence de **eylemsizlik** denir. Durgun bir tren veya otobüste ayakta duran bir kişinin aracın harekete geçmesiyle aracın hareketine karşı gösterdiği direnç (kişinin kendiliğinden ters yöne doğru hareketlenmesi) buna örnek olarak verilebilir.

İçi çayla dolu bir çay bardağı, hareketsizken denge hâlindedir. Çay bardağına kuvvet etki etmediği sürece çay, bardaktan dışarıya dökülmez.

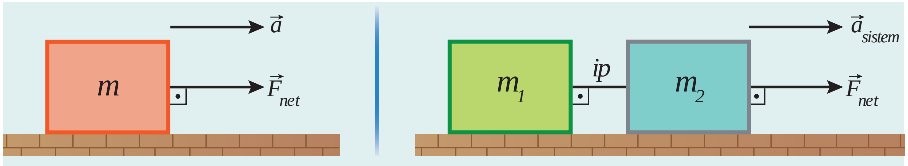
Bardağa yere paralel kuvvet uygulanması durumunda net kuvvet sayesinde bardak harekete geçebilir. Bardağın içindeki çay, hareketsiz kalma eğiliminde olduğu için bardağın hareket ettiği yönün tersine doğru hareket eder. Bu durumda çay bardaktan dışarı dökülebilir (Görsel 1.5).



Görsel 1.5: *İçinde çay olan durgun bardağın harekete geçirilmesi*

B) Newton'ın İkinci Hareket Yasası (Dinamiğin Temel Prensibi)

Bir cismin üzerindeki net kuvvet sıfırdan farklı ise cisim ivmeli hareket yapar. Newton'ın İkinci Hareket Yasası'na göre bir cismin ivmesi ona etki eden net kuvvetle doğru, kütlesiyle ters orantılıdır.



a) *Tek kütleye uygulanan kuvvet ve kütlenin ivmesi*

b) *Birden fazla kütleye uygulanan kuvvet ve kütlelerin ivmesi*

Şekil 1.23: *Cisimlere etki eden net kuvvet ve ivmenin yönü*

Şekil 1.23.a'da tek bir kütleye (m) etki eden net kuvvet ($\vec{F}_{net}$) ve ivme ($\vec{a}$) arasındaki ilişki

$\vec{F}_{net} = m \cdot \vec{a}$,

Şekil 1.23.b'de ise birden fazla kütleye (m_1 ve m_2) etki eden net kuvvet ($\vec{F}_{net}$) ve sistemin ivmesi ($\vec{a}_{sistem}$) arasındaki ilişki

$\vec{F}_{net} = m_{toplam} \cdot \vec{a}_{sistem}$

bağıntısıyla hesaplanır.

DİKKAT

Kuvvetin birimi Newton (N), kütle birimi kilogram (kg), ivme birimi N/kg veya m/s^{2}dir.

C) Newton'ın Üçüncü Hareket Yasası (Etki-Tepki Prensibi)

Bir masaya parmağınızla bastırdığınızda parmağınızın masaya uyguladığı kuvvete karşı masanın da parmağınıza eşit büyüklükte ve ters yönde kuvvet uyguladığını hissedersiniz. Aynı şekilde masa üzerinde duran bir kitap, yer çekimi kuvvetinin etkisiyle yerin merkezine doğru çekilmesine rağmen masanın üzerinde durmaya devam eder. Bunun nedeni masanın da o cisme yer çekimi kuvvetiyle eşit büyüklükte ve ters yönde bir kuvvet uygulamasıdır.

Newton'ın Üçüncü Hareket Yasası'na göre bir cisim ikinci cisme $\vec{F}_{12}$ kuvveti (etki kuvveti) uyguluyorsa ikinci cisim de birinciye, eşit büyüklükte ve ters yönde $\vec{F}_{21}$ kuvveti (tepki kuvveti) uygular. Bu iki kuvvet arasındaki ilişki

$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ şeklinde gösterilir.

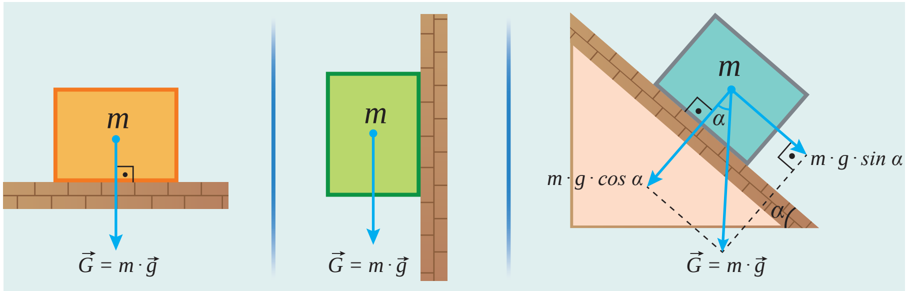
1.3.1. CİSİMLERE ETKİYEN NET KUVVET

Bir cismin üzerine etki ederek o cismin hareket durumunda değişikliğe sebep olabilecek kuvvetlerden en sık karşımıza çıkanlar; ağırlık ($\vec{G}$), tepki kuvveti ($\vec{N}$), ip gerilme kuvveti ($\vec{T}$) ve sürtünme kuvveti ($\vec{F}_s$) olarak gösterilebilir. Bu bölüm boyunca ağırlık, tepki kuvveti, ip gerilme kuvveti ve sürtünme kuvveti için belirtilen semboller kullanılacaktır.

Ağırlık

Kütlesi olan her cisim birbirine kütle çekim kuvveti uygular. Yerkürenin cisimlere uyguladığı kütle çekim kuvveti ise cismin ağırlığı olarak adlandırılır. Aynı zamanda ağırlık, cismin kütlesinin yer çekimi ivmesiyle ($\vec{g}$) ivmelenme özelliğidir.

Newton'ın İkinci Hareket Yasası'nı da dikkate alırsak ağırlık, kütle ve yer çekimi ivmesi arasındaki ilişki $\vec{G} = m \cdot \vec{g}$ şeklindedir.



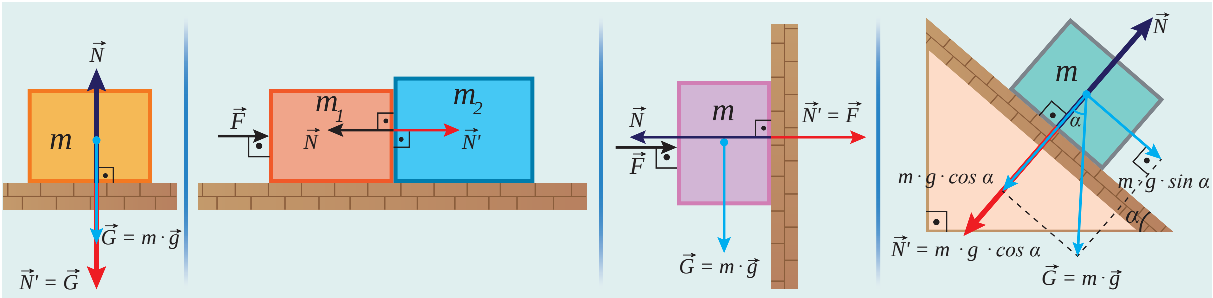
***a)** Yatay düzlemde* ***b)** Düşey düzlemde* ***c)** Eğik düzlemde*

***Şekil 1.24:** Cismin farklı düzlemlerdeki ağırlık gösterimi*

Şekil 1.24'te cisimlerin yatay, düşey ve eğik düzlem üzerinde ağırlıklarının yerkürenin merkezine doğru yönelimleri gösterilmiştir.

Tepki Kuvveti

Şekil 1.25'te Newton'ın Üçüncü Hareket Yasası'nda değinilen etki ve tepki kuvvetlerini yatay düzlemde, birbirine temas eden cisimler arasında, düşey düzlemde ve eğik düzlemde aşağıdaki gibidir.



***a)** Yatay düzlemde* ***b)** Birbirine temas eden cisimler arasında* ***c)** Düşey düzlemde* ***ç)** Eğik düzlemde*

***Şekil 1.25:** Farklı düzlemlerde bulunan cisimler üzerindeki etki ve tepki kuvvetleri*

Şekil 1.25.a'da yatay düzlemde duran cisim, ağırlığından dolayı zemine ağırlığıyla eşit büyüklükte ve aynı yönde etki kuvveti ($\vec{N}'$) uygular. Bu etki kuvvetine karşı zemin de cisme, etki kuvvetiyle zıt yönde ve aynı büyüklükte tepki kuvveti ($\vec{N}$) uygular.

Şekil 1.25.b'de m_1 kütleli cisim, üzerine uygulanan $\vec{F}$ kuvvetinden dolayı m_2 kütleli cisme $\vec{F}$ kuvvetiyle aynı yönde ve büyüklükte etki kuvveti ($\vec{N}'$) uygular. Bu etki kuvvetine karşı m_2 kütleli cisim de m_1 kütlesine, etki kuvvetiyle zıt yönde ve aynı büyüklükte tepki kuvveti ($\vec{N}$) uygular. (Burada zeminle kütleler arasında bulunan etki ve tepki kuvveti Şekil 1.25.a'daki gibi olduğundan ayrıca gösterilmemiştir.)

Şekil 1.25.c'de düşey düzlemdeki cisim, $\vec{F}$ kuvvetinden dolayı yüzeye $\vec{F}$ kuvvetiyle eşit büyüklükte ve aynı yönde etki kuvveti ($\vec{N}'$) uygular. Bu etki kuvvetine karşı yüzey de cisme, etki kuvvetiyle zıt yönde ve aynı büyüklükte tepki kuvveti ($\vec{N}$) uygular.

Şekil 1.25.ç'de ise eğik düzlemdeki cisim, ağırlığından dolayı yüzeye etki kuvveti ($\vec{N}'$) uygular. Bu etki kuvvetinin büyüklüğü ağırlığın yüzeye dik doğrultudaki bileşenine eşit ve bu kuvvetle aynı yöndedir. Etki kuvvetine karşı yüzey de cisme, etki kuvvetiyle zıt yönde ve aynı büyüklükte tepki kuvveti ($\vec{N}$) uygular.

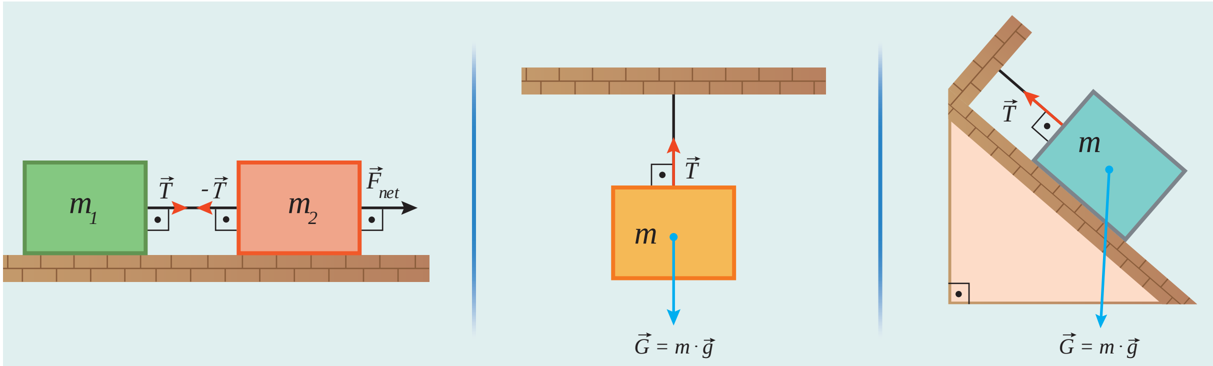
! DİKKAT

Etki ve tepki kuvvetleri daima farklı cisimler üzerindedir. Aynı cisim üzerinde etki ve tepki kuvvetleri gösterilemez.

Gerilme Kuvveti

Net bir kuvvetin etkisinde iplerle bağlanmış olan cisimler üzerinde oluşan gerilme kuvveti ($\vec{T}$), daima iplerin cisimlere bağlandığı noktadan kendi doğrultusu üzerinde çekme kuvveti şeklinde olur.

Şekil 1.26'da verilen gerilme kuvvetleri, bağlı olduğu kütleyi kendi doğrultusu üzerinde çekmektedir.



a) *Yatay düzlemde* **b)** *Düşey düzlemde* **c)** *Eğik düzlemde*

Şekil 1.26: *Esnemeyen iplerle bağlanmış farklı sistemlerdeki cisimler üzerinde oluşan gerilme kuvvetleri*

Sürtünme Kuvveti

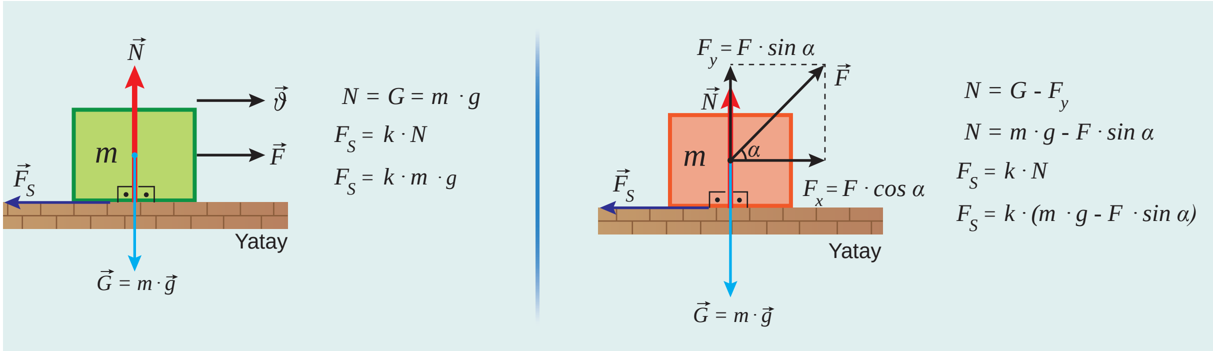
Pürüzlü zemin üzerinde duran ağır bir dolabı hareket ettirmek mi kolaydır yoksa hareket ettirdikten sonra itmek mi?

Bir cisim, pürüzlü bir yüzeyde veya hava gibi bir ortamda hareket ettiğinde çevresi ile etkileşiminden dolayı harekete karşı bir direnç kuvveti oluşur. Bu kuvvet, **sürtünme kuvveti** olarak adlandırılır. Günlük hayatta çok önemli bir yeri olan sürtünme kuvveti; arabaların hareket etmesini, yürümeyi, koşmayı hatta yuvarlanmayı ve durmayı sağlayan kuvvettir.

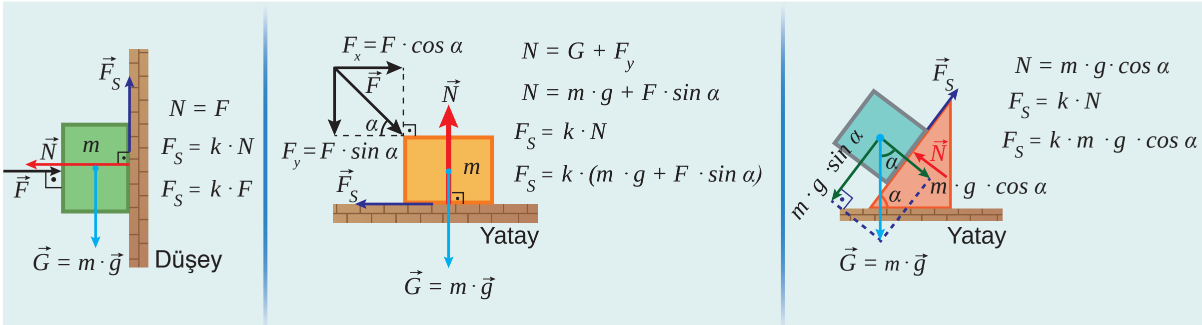
9. sınıf fizik derslerinde ele alınan sürtünme kuvveti, genellikle hareketi zorlaştıran, birbirine temas eden yüzeyler arasında, yüzeylere paralel doğrultuda ve çoğu zaman cismin hareket yönüne ters yönde oluşan kuvvettir.

Sürtünme kuvvetinin büyüklüğü $F_s = k.N$ bağıntısı ile bulunur. Burada F_s sürtünme kuvvetinin büyüklüğünü, k temas eden yüzeylerin alanından bağımsız fakat yüzeyin cinsine bağlı olan sürtünme katsayısını ve N yüzeyin tepki kuvvetinin büyüklüğünü ifade eder. Sürtünme kuvveti ve tepki kuvvetinin birimi newton (N), sürtünme katsayısı ise birimsiz bir büyüklüktür.

Şekil 1.27'de sürtünmeli yatay, düşey ve eğik düzlemde bulunan cisimlere etki eden kuvvetler ve $F_s$nin büyüklüğünün bulunması işlemleri gösterilmiştir.

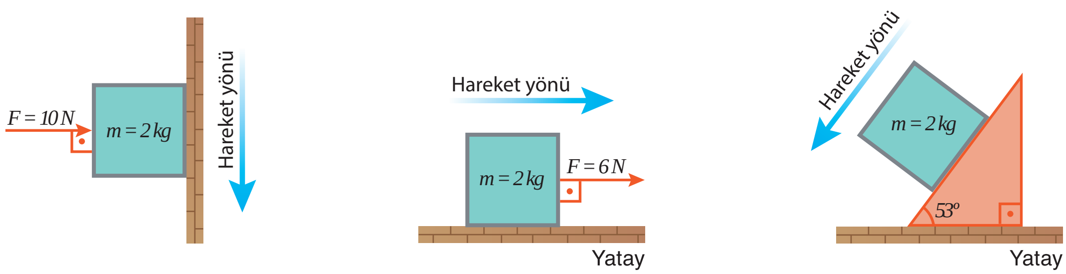


Devam ediyor.



Şekil 1.27: *Sürtünmeli düzlemde cisimlere etki eden kuvvetler ve işlemler*

1.18. Örnek



Kütleleri m = 2 kg olan cisimlerin hareket yönleri şekilde verilmiştir. Tüm düzlemlerin sürtünme katsayısı eşit büyüklükte ve 0,2 değerinde olduğuna göre

a) Cisimlere etki eden sürtünme kuvvetlerini,

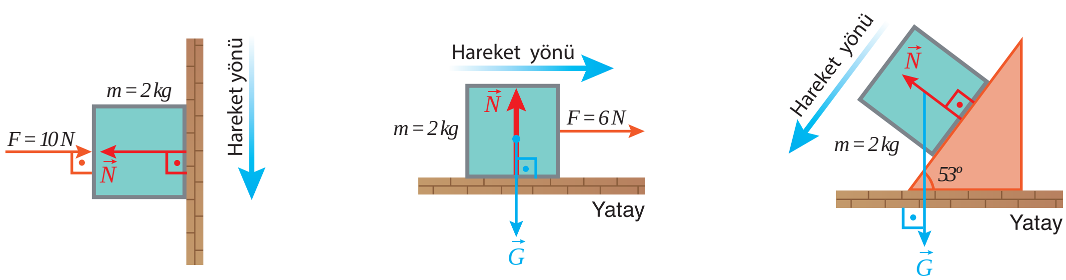
b) Cisimlere etki eden net kuvvetleri,

c) Cisimlerin ivmelerini hesaplayınız.

$(\cos 53^\circ = 0,6; \sin 53^\circ = 0,8; g = 10\ m/s^2$ *alınız.)*

Çözüm

a)



N tepki kuvvetinin büyüklüğü, F kuvvetinin büyüklüğüne eşittir. Dolayısıyla

$F_s = k \cdot N$ bağıntısından

$F_s = k \cdot F$

$F_s = 0,2 \cdot 10 = 2\ N$ bulunur.

N tepki kuvvetinin büyüklüğü, cismin ağırlığının büyüklüğüne $(m \cdot g)$ eşittir. Dolayısıyla

$F_s = k \cdot N$ bağıntısından

$F_s = k \cdot m \cdot g$

$F_s = 0,2 \cdot 2 \cdot 10 = 4\ N$ bulunur.

N tepki kuvvetinin büyüklüğü, cismin ağırlığının eğik düzleme dik bileşeninin büyüklüğüne $(m \cdot g \cdot \cos 53^\circ)$ eşittir. Dolayısıyla

$F_s = k \cdot N$ bağıntısından

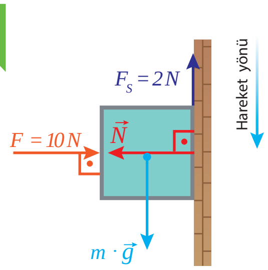
$F_s = k \cdot m \cdot g \cdot \cos 53^\circ$

$F_s = 0,2 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 0,6 = 2,4\ N$

bulunur.

Devam ediyor. →

b)



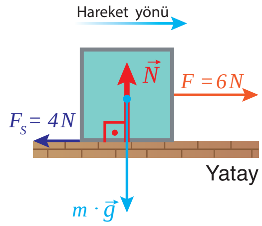
Cisim üzerindeki net kuvvet

$F_{net} = m \cdot g - F_S$

bağıntısından

$F_{net} = 2 \cdot 10 - 2 = 18\ N$

bulunur.



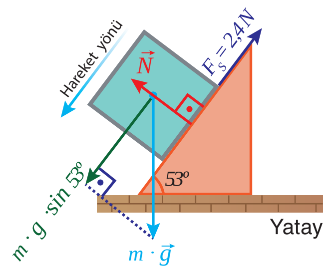
Cisim üzerindeki net kuvvet

$F_{net} = F - F_S$

bağıntısından

$F_{net} = 6 - 4 = 2\ N$

bulunur.



Cisim üzerindeki net kuvvet

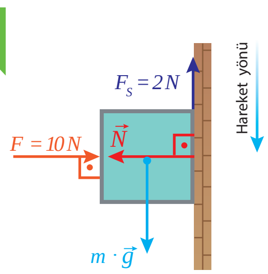
$F_{net} = m \cdot g \cdot sin53° - F_S$

bağıntısından

$F_{net} = 2 \cdot 10 \cdot 0,8 - 2,4 = 13,6\ N$

bulunur.

c)

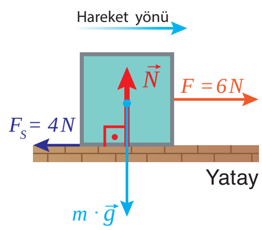


Cismin ivmesi

$F_{net} = m \cdot a$ bağıntısından

$18 = 2 \cdot a \Rightarrow a = 9\ m/s^2$

bulunur.

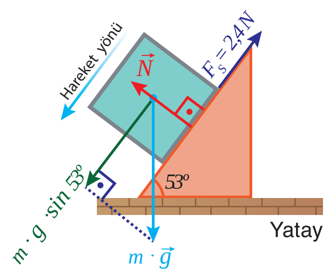


Cismin ivmesi

$F_{net} = m \cdot a$ bağıntısından

$2 = 2 \cdot a \Rightarrow a = 1\ m/s^2$

bulunur.



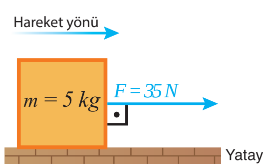
Cismin ivmesi

$F_{net} = m \cdot a$ bağıntısından

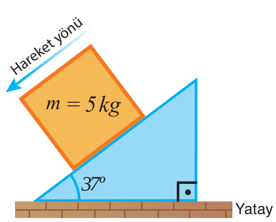
$13,6 = 2 \cdot a \Rightarrow a = 6,8\ m/s^2$

bulunur.

1.17. Soru



Şekil 1



Şekil 2

Kütlesi 5 kg olan cismin yatay ve eğik düzlemdeki hareketi Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir. Cismin Şekil 1'de yatayla ve Şekil 2'de eğik düzlemle arasındaki sürtünme katsayısı eşit ve k = 0,5 olduğuna göre

a) **Cisimlere düzlemler üzerinde etki eden F_{S_1} ve F_{S_2} sürtünme kuvvetlerinin büyüklüklerini hesaplayınız.**

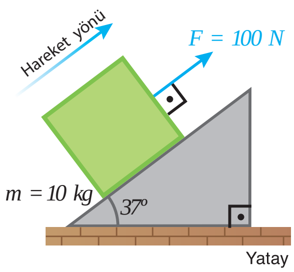
b) **Cisimlere etki eden F_1 ve F_2 net kuvvetlerinin büyüklüklerini hesaplayınız.**

c) **Cisimlerin a_1 ve a_2 ivmelerinin büyüklüklerini hesaplayınız.**

$(cos\ 37° = 0,8; sin\ 37° = 0,6; g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Cevap

1.19. Örnek

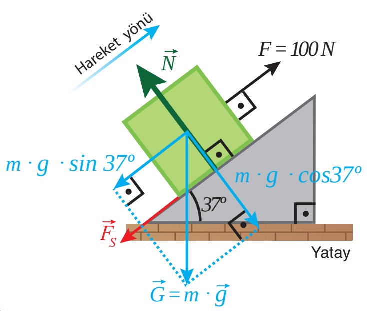


Şekildeki m = 10 kg kütleli cisim, üzerindeki kuvvetlerin etkisiyle belirtilen yönde sabit hızla hareket etmektedir.

Buna göre cisimle yüzey arasındaki sürtünme katsayısının değeri kaçtır?

($cos\,37° = 0,8;\ sin\,37° = 0,6;\ g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Çözüm



Sabit hızlı harekette cisme etki eden net kuvvet sıfır olduğundan

$$F_{net} = F - (F_s + m \cdot g \cdot sin37°) = 0$$

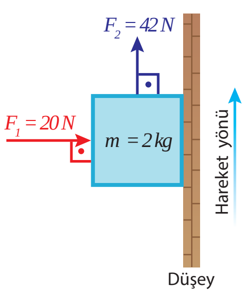
$$F = k \cdot N + m \cdot g \cdot sin37°$$

$$F = k \cdot m \cdot g \cdot cos37° + m \cdot g \cdot sin37°$$

$$100 = k \cdot 10 \cdot 10 \cdot 0,8 + 10 \cdot 10 \cdot 0,6$$

$k = 0,5$ bulunur.

1.18. Soru



Şekildeki 2 kg kütleli cisim, üzerindeki kuvvetlerin etkisiyle sabit ivmeyle belirtilen yönde hızlanmaktadır.

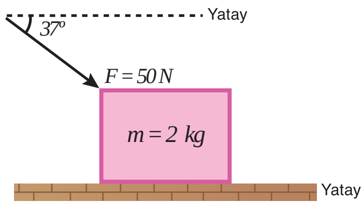
Cismin ivmesi 5 m/s² büyüklüğünde olduğuna göre cisimle yüzey arasındaki sürtünme katsayısının değeri kaçtır?

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Cevap

Konu ile ilgili simülasyon için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

1.20. Örnek



Şekildeki sistemde cismin ivmesinin büyüklüğü

a) Sistemde sürtünme yok ise kaç m/s² olur?

b) Yatay zeminin sürtünme katsayısı k = 0,2 ise kaç m/s² olur?

($\cos 37° = 0,8;\ \sin 37° = 0,6;\ g = 10\ m/s^2$ alınız.)

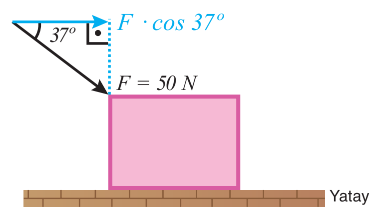
Çözüm

a) Cisme etki eden $\vec{F}$ kuvvetinin yatay bileşeni kullanılarak cismin ivmesi

$F_{net} = m \cdot a$ bağıntısından

$F \cdot \cos 37° = m \cdot a$

$50 \cdot 0,8 = 2 \cdot a \Rightarrow a = 20\ m/s^2$ bulunur.



b) Sürtünme katsayısı k = 0,2 ise net kuvvet

$F_{net} = F \cdot \cos 37° - F_s$

$F_{net} = F \cdot \cos 37° - k \cdot N$

$F_{net} = F \cdot \cos 37° - k \cdot (m \cdot g + F \cdot \sin 37°)$

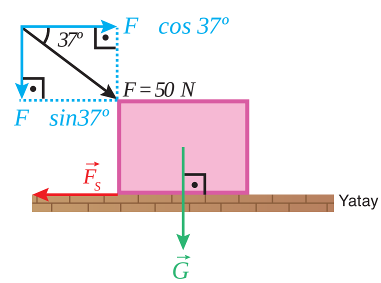
$F_{net} = 50 \cdot 0,8 - 0,2 \cdot (2 \cdot 10 + 50 \cdot 0,6)$

$F_{net} = 30\ N$ bulunur.

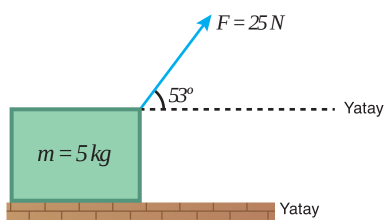
Cismin ivmesi

$F_{net} = m \cdot a$ bağıntısından

$30 = 2 \cdot a \Rightarrow a = 15\ m/s^2$ olur.



1.19. Soru



Şekildeki sistemde cismin ivmesinin büyüklüğü

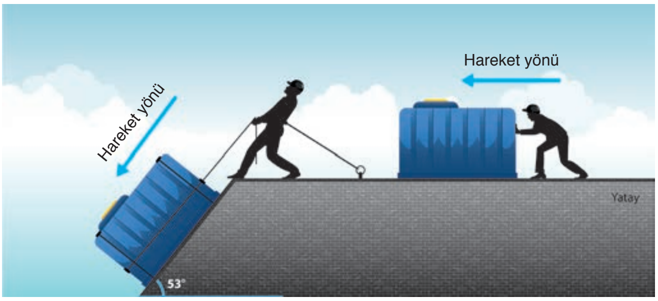
a) Sistemde sürtünme yok ise kaç m/s² olur?

b) Yatay zeminin sürtünme katsayısı k = $\frac{1}{6}$ ise kaç m/s² olur?

($\cos 53° = 0,6;\ \sin 53° = 0,8;\ g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Cevap

1.21. Örnek



Şafak Bey, evinin çatısında bulunan 50 kg kütleli plastik su deposunu eskidiği için geri dönüşüme vermeye karar vermiştir. Plastik su deposunu önce yatay yola paralel bir kuvvet uygulayarak itmiş ve daha sonra 53° eğim açısı olan bölümden ip yardımıyla tutarak indirmiştir. Yüzeyin sürtünme katsayısı sabit ve değeri 0,9 olduğuna göre

a) Su deposunun yatay zeminde 2 m/s² sabit ivme ile hareket edebilmesi için depoya uygulanacak yatay kuvvet kaç N olmalıdır?

b) Su deposunun eğimli zeminde 1 m/s² sabit ivme ile hareket edebilmesi için ip gerilme kuvveti kaç N olmalıdır?

c) Şafak Bey'in eğimli zeminde yapacağı hangi değişiklik ip gerilmesinde azalmaya neden olur?

(cos 53° = 0,6; sin 53° = 0,8; g = 10 m/s² alınız. Şafak Bey'in güvenlik için bağlı olduğu ipteki gerilme kuvvetini ihmal ediniz.)

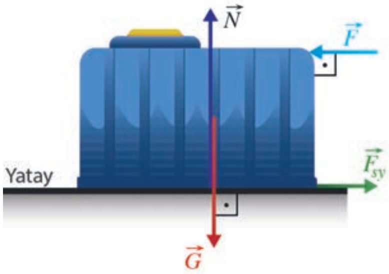
Çözüm

a) Serbest cisim diyagramından yararlanarak su deposuna yatay zemin üzerinde etki eden sürtünme kuvvetinin büyüklüğü

$F_{sy} = k \cdot N = k \cdot G = k \cdot m \cdot g$

$F_{sy} = 0,9 \cdot 50 \cdot 10 = 450\ N$ bulunur. Su deposunun yatay zeminde 2 m/s² sabit ivme ile hareket hâlinde olması için depoya uygulanacak kuvvetin büyüklüğü

$$F_{net} = m \cdot a$$
$$F - F_{sy} = m \cdot a$$
$$F - 450 = 50 \cdot 2$$
$F = 550\ N$ şeklinde bulunur.



b) Su deposunun ağırlık bileşenleri $\vec{G_x}$ ve $\vec{G_y}$, eğimli yüzeydeki sürtünme kuvveti ise $\vec{F_{se}}$ olmak üzere

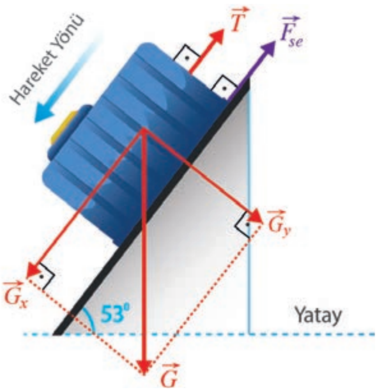
$G_x = G \cdot sin 53° = m \cdot g \cdot sin 53° = 50 \cdot 10 \cdot 0,8 = 400\ N,$

$G_y = G \cdot cos 53° = m \cdot g \cdot cos 53° = 50 \cdot 10 \cdot 0,6 = 300\ N$ bulunur.

Eğimli yüzeydeki sürtünme kuvvetinin büyüklüğü

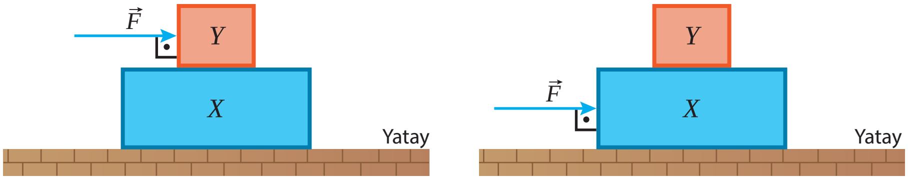
$F_{se} = k \cdot N = k \cdot G_y = 0,9 \cdot 300 = 270\ N$ bulunur. Elde edilen sonuçlar ve su deposunun hareket yönü dikkate alındığında ip gerilme kuvvetinin büyüklüğü

$$F_{net} = m \cdot a$$
$$G_x - F_{se} - T = m \cdot a$$
$$400 - 270 - T = 50 \cdot 1$$
$T = 80\ N$ şeklinde bulunur.



c) Şafak Bey, eğimli yüzeye sürtünme katsayısı daha büyük olan bir malzeme yerleştirmelidir.

Yeryüzünde sürtünmesiz bir ortam yoktur. Ancak yatay zeminde bulunan cisimler arasında ve zeminde sürtünmenin olmadığı kabul edilirse üst üste duran cisimlerin kuvvete bağlı hareket durumları Şekil 1.28'de verilmiştir.



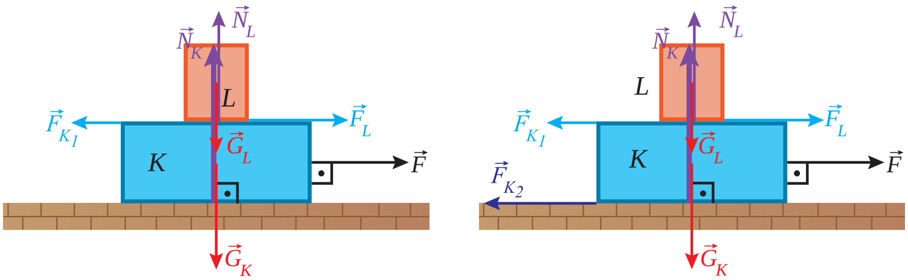
a) Y cismine etki eden $\vec{F}$ kuvveti *b) X cismine etki eden $\vec{F}$ kuvveti*

Şekil 1.28: *Sürtünmesiz yatay düzlemde cisimlere uygulanan kuvvet*

Şekil 1.28.a'da cisimler arasında sürtünme olmadığı için Y cismine uygulanan kuvvet, X cismini hareket ettirmez. Burada hareket eden Y cismi, X cismi üzerinden kayarak bir süre sonra düşer. Şekil 1.28.b'de X cismine uygulanan kuvvet, cisimler arasında sürtünme olmadığı için X cisminin hareket etmesine ve bir süre sonra Y cisminin olduğu yerden zemine düşmesine neden olur.

Üst üste bulunan cisimler, sürtünmeli bir yüzey üzerinde veya aralarında bir sürtünme olduğunda birbirlerine bağlı olmadıkları için cisimlere uygulanan kuvvet büyüklüğüne bağlı olarak birlikte ya da ayrı hareket edebilir.

Aralarında sürtünme katsayısı k_1 olan K ve L cisimleri, sürtünmesiz yatay zemin üzerinde $\vec{F}$ kuvveti ile çekilmektedir. Burada cisimler birlikte hareket ederken cisimlerin arasında her iki cisme de etki eden bir sürtünme kuvveti oluşur.



a) Sürtünmesiz yatay zeminde K ve L cisimleri üzerindeki kuvvetler *b) Sürtünmeli yatay zeminde K ve L cisimleri üzerindeki kuvvetler*

Şekil 1.29: *K ve L cismine etki eden kuvvet çiftleri ve kuvvet diyagramı*

Etki-tepki çifti oluşturan kuvvetler birbirine eşit büyüklükte ve zıt yönlüdür. Bu kuvvetler, K cismine etki eden sürtünme kuvveti $\vec{F}_{K_1}$ ve L cismine etki eden sürtünme kuvveti $\vec{F}_L$ olarak verilmiştir. $\vec{F}_{K_1}$, K cisminin hareketini zorlaştırır ve $\vec{F}$ kuvvetiyle zıt yöndedir. $\vec{F}_L$, L cisminin K cismi ile beraber hareket etmesini sağlar ve $\vec{F}$ kuvvetiyle aynı yöndedir. Birbirine eşit büyüklükte olan sürtünme kuvvetlerinden birinin büyüklüğü bulunurken öncelikle sistem üzerinde L cisminin ağırlığı ve buna karşılık K cisminin oluşturduğu tepki kuvveti ($\vec{N}_L$) gösterilmiştir (Şekil 1.29.a). K ve L cisimlerinin arasında oluşan sürtünme kuvvetinin büyüklüğü

$F_s = k \cdot N$

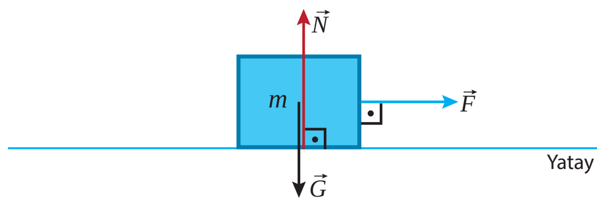
$F_{K_1} = F_L = k_1 \cdot N_L = k_1 \cdot G_L$ bağıntısıyla bulunur.

Şekil 1.29.b'deki K ve L cisimlerinden oluşan sistemde cisimler arasındaki sürtünme katsayısı k_1 ve K cismi ile yer arasındaki sürtünme katsayısı $k_2$dir. Burada $\vec{N}_K$, zeminin cisimlere uyguladığı tepki kuvvetidir. Büyüklüğü, cisimlerin ağırlıkları toplamı kadardır. Zemin ile K cismi arasındaki sürtünme kuvvetinin büyüklüğü

$F_{K_2} = k_2\, N_K = k_2 \cdot (G_K + G_L)$ bağıntısıyla bulunur.

Serbest Cisim Diyagramı

Serbest cisim diyagramı, verilen bir durumda bir cisim üzerine etki eden kuvvetlerin doğrultu ve büyüklüklerinin gösterildiği bir çizim şeklidir. Bu çizim, fizik problemlerinin daha anlaşılabilir olması açısından önemlidir ve problemin çözümünü kolaylaştırır. Serbest cisim diyagramına bir örnek Şekil 1.30'da gösterilmiştir.



Şekil 1.30: *Sürtünmesiz yüzeyde m kütlesinin serbest cisim diyagramı*

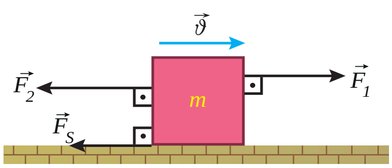
DİKKAT

Serbest Cisim Diyagramında Gösterilecek Kuvvetler

- Cisme dışardan uygulanan kuvvet	*- Tepki kuvveti*
- Yer çekimi kuvveti	*- Hava direnci kuvveti*
- Gerilme kuvveti	*- Yay kuvveti*
- Sürtünme kuvveti	

Cismin hızı, ivmesi, merkezcil kuvveti diyagramda gösterilmez!

1.20. Soru

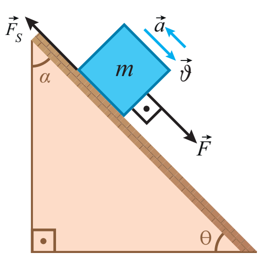


Kütlesi m olan cisme uygulanan kuvvetler ve cismin hız vektörü gösterilmiştir.

Bu cisme ait serbest cisim diyagramını çiziniz.

Cevap

1.21. Soru



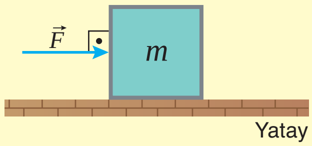
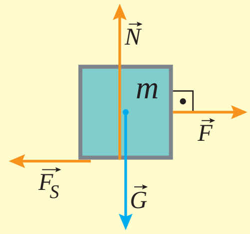
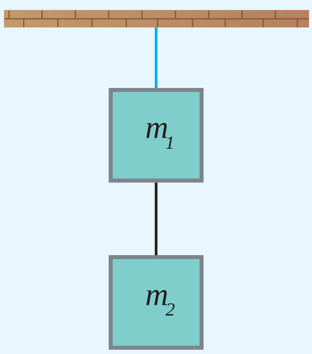
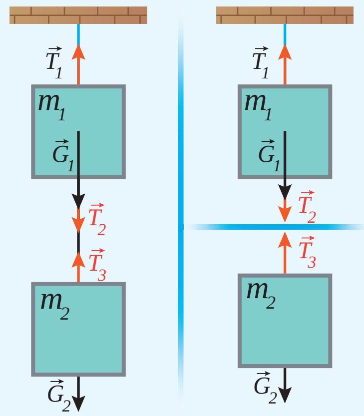
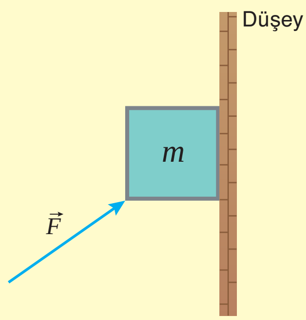
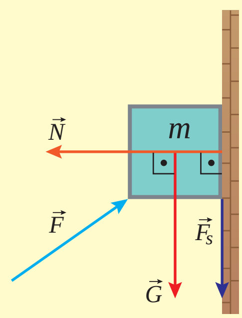
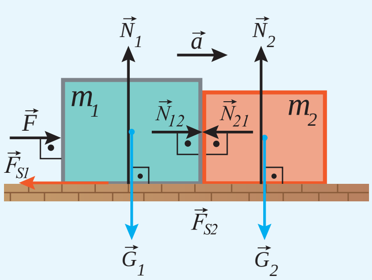
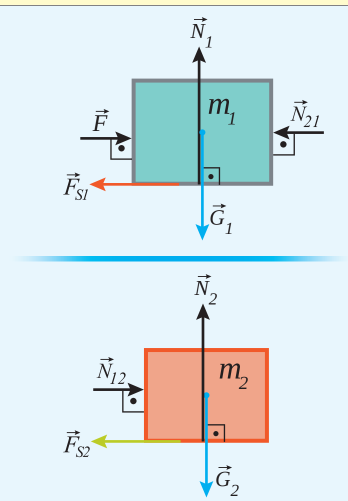
Eğik düzlem üzerinde bulunan m kütleli bir cisme ait kuvvet, hız ve ivme vektörleri gösterilmiştir.

Bu cisme ait serbest cisim diyagramını çiziniz.

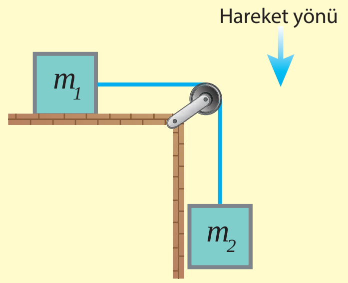
Cevap

Çok kütleli sistemlerde serbest cisim diyagramı çizilerek kütleler ayrı ayrı incelenir. Bazı sistemlere ait serbest cisim diyagramları ve cisme etki eden net kuvvetler Tablo 1.2'de verilmiştir.

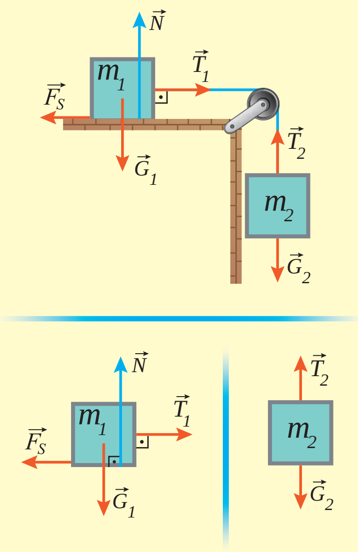
Tablo 1.2: *Bazı Sistemlerin Serbest Cisim Diyagramları ve Cisimlere Etki Eden Net Kuvvetler*

Sistemin Durumu	Serbest Cisim Diyagramı	Cisme Etki Eden Net Kuvvet
 (Yatay düzlem sürtünmelidir.)		$F > F_s$ ise $F_{net} = F - F_s$
		Sistem dengede olduğundan Her iki cisme etki eden net kuvvet $F_{net} = 0$ olur. m_1 kütlesi için $T_1 = T_2 + G_1$ ve m_2 kütlesi için $T_3 = G_2$ bağıntıları yazılır. Aynı zamanda $T_2 = T_3$ olur.
 (Cisim dengede ve düşey düzlem sürtünmelidir.)		Sistem dengede olduğundan $F_{net} = 0$ olur. $\vec{F}$ kuvvetinin en büyük değerini bulmak için (Sürtünme kuvveti aşağı yönlü) $F_{net} = F_y - F_s - G = 0$ ve $\vec{F}$ kuvvetinin en küçük değerini bulmak için (Sürtünme kuvveti yukarı yönlü) $F_{net} = F_y + F_s - G = 0$
 (Yatay düzlem sürtünmelidir.)		Sistem için net kuvvet $F_{net} = F - F_{S_1} - F_{S_2}$ m_1 cismi için $F_{net} = F - N_{21} - F_{S_1}$ m_2 cismi için $F_{net} = N_{12} - F_{S_2}$ olur. Aynı zamanda $N_{21} = N_{12}$ olur.

Devam ediyor.



(Tüm yüzeyler sürtünmelidir.)



m_1 cismi için

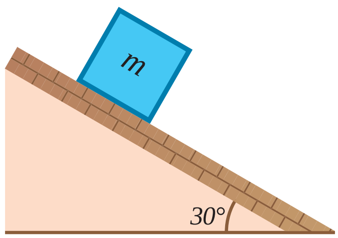
$F_{net} = T_1 - F_S$

m_2 cismi için

$F_{net} = G_2 - T_2$

bağıntıları yazılır.

1.22. Örnek



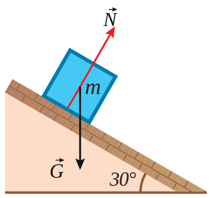
Sürtünmelerin ihmal edildiği ortamda kütlesi m = 2 kg olan cisim, şekildeki eğik düzlem üzerinden serbest bırakılıyor.

Buna göre serbest cisim diyagramını çizerek cisme etki eden net kuvveti hesaplayınız.

($\sin 30° = 0,5;\ g = 10\ m/s^2$ alınız.)

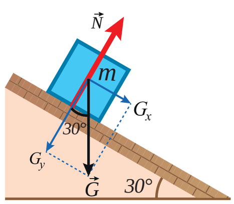
Çözüm

Serbest cisim diyagramı



şeklinde gösterilir.

Cismin üzerine etki eden net kuvvet için aşağıdaki işlemler yapılır.



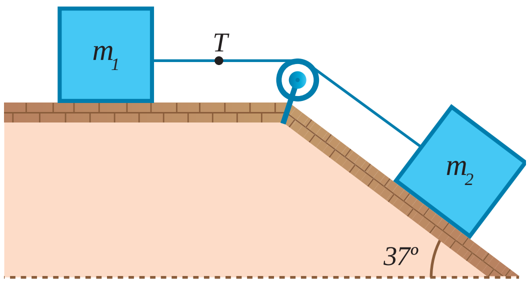
Hareket doğrultusunda cisme sadece $\vec{G}_x$ kuvveti etki ettiğinden

$$F_{net} = G_x = m \cdot g \cdot \sin 30° = 2 \cdot 10 \cdot 0,5 = 10\ N$$

bulunur.

Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

1.23. Örnek



Kütleleri sırasıyla 3 kg ve 8 kg olan iki cisim şekildeki gibi serbest bırakılmıştır. Cisimler ile yüzey arası sürtünmeli olup sürtünme katsayısı k = 0,3'tür.

Buna göre iki cismi birbirine bağlayan T ip gerilmesi kaç N olur?

($\sin 37° = 0,6$; $\cos 37° = 0,8$; $g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Çözüm

m_1 ve m_2 kütlelerine etki eden sürtünme kuvvetleri

$F_{s_1} = k \cdot N_1 = k \cdot m_1 \cdot g = 0,3 \cdot 3 \cdot 10 = 9\ N,$

$F_{s_2} = k \cdot N_2 = k \cdot m_2 \cdot g \cdot \cos 37° = 0,3 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 0,8 = 19,2\ N$ olur.

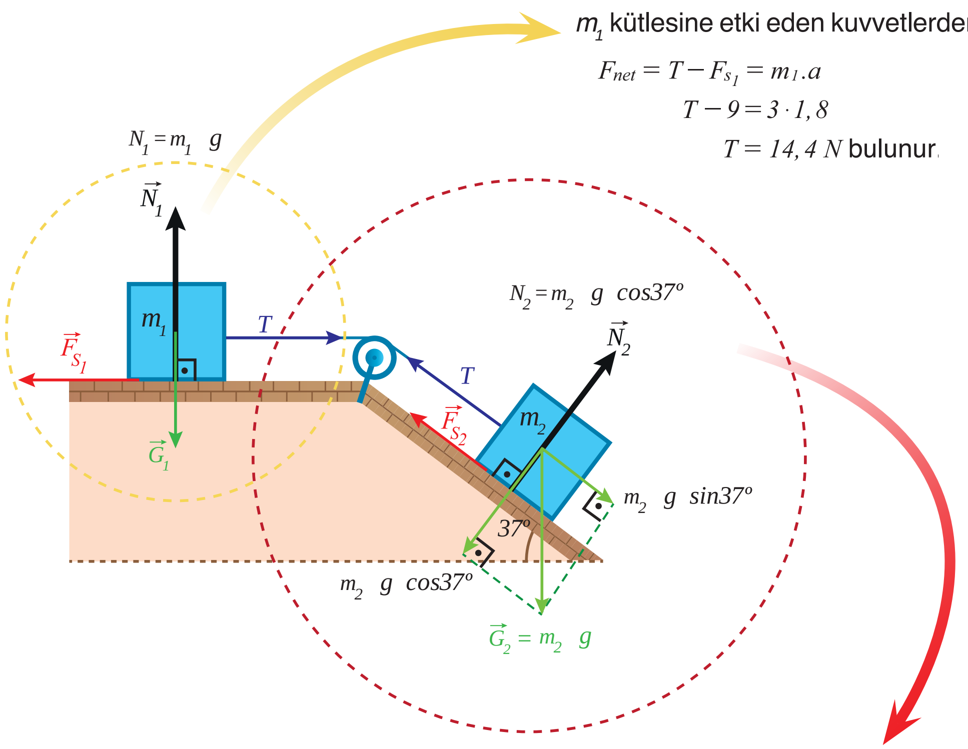
Sistemin ivmesi

$F_{net} = m_T \cdot a$ bağıntısından

$m_2 \cdot g \cdot \sin 37° - F_{s_2} - F_{s_1} = m_T \cdot a$

$8 \cdot 10 \cdot 0,6 - 9 - 19,2 = 11 \cdot a$

$a = 1,8\ m/s^2$ bulunur.



m_1 kütlesine etki eden kuvvetlerden yola çıkarak

$F_{net} = T - F_{s_1} = m_1 . a$

$T - 9 = 3 \cdot 1,8$

$T = 14,4\ N$ bulunur.

m_2 kütlesine etki eden kuvvetlerden yola çıkarak

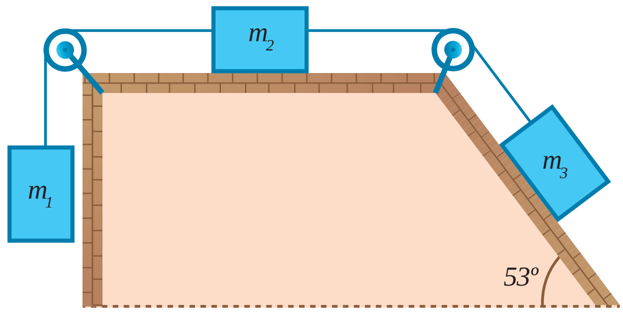
$F_{net} = m_2 \cdot g \cdot \sin 37° - F_{S_2} - T = m_2 \cdot a$

$8 \cdot 10 \cdot 0,6 - 19,2 - T = 8 \cdot 1,8$

$T = 14,4\ N$ bulunur.

1.3.2. NET KUVVET ETKİSİNDEKİ CİSMİN HAREKETİ İLE İLGİLİ HESAPLAMALAR

1.22. Soru



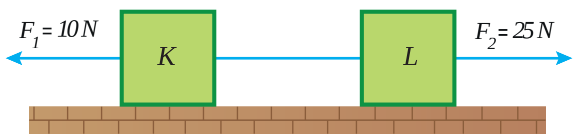
m_1, m_2 ve m_3 cisimlerinin kütleleri sırasıyla 3 kg, 1 kg ve 5 kg olacak şekilde bir sistem kuruluyor. Sadece m_3 cismi ile zemin arası sürtünmeli olup sürtünme katsayısı k = 0,2'dir.

Buna göre sistemin ivmesinin büyüklüğünü hesaplayınız.

($\sin 53° = 0,8$; $\cos 53° = 0,6$; $g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Cevap

1.24. Örnek



Kütleleri $m_K = 2$ kg ve $m_L = 3$ kg olan K ve L cisimleri esnek olmayan ip ile birbirlerine bağlanıyor. Şekildeki gibi büyüklükleri 10 N ve 25 N olan iki kuvvet tarafından zıt yönlere doğru çekiliyor. Sürtünmeler ihmal edildiğine göre

a) Serbest cisim diyagramını kullanarak K cismi için T ip gerilmesini bulunuz.

b) Serbest cisim diyagramını kullanarak L cismi için T ip gerilmesini bulunuz.

c) Bu sistem sürtünme katsayısı 0,2 olan bir yüzey üzerinde olsaydı ip gerilmesi nasıl değişirdi?

Çözüm

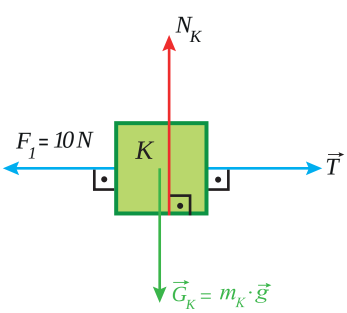
a) Sistemin ivmesi

$$F_{net} = m_T \cdot a$$

$$25 - 10 = (2 + 3) \cdot a$$

$a = 3\ m/s^2$ bulunur.

K cismi için çizilen serbest cisim diyagramından yararlanarak T ip gerilmesi



$$T - F_1 = m_K \cdot a$$

$$T - 10 = 2 \cdot 3$$

$T = 16\ N$ bulunur.

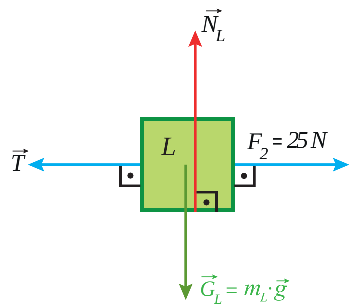
Devam ediyor. →

b) L cismi için çizilen serbest cisim diyagramından yararlanarak T ip gerilmesi

$F_2 - T = m_L \cdot a$

$25 - T = 3 \cdot 3$

$T = 16\ N$ bulunur.



c) K ve L cismine etki eden sürtünme kuvveti değerleri

$F_{S_K} = k \cdot m_K \cdot g = 0,2 \cdot 2 \cdot 10 = 4\ N,$

$F_{S_L} = k \cdot m_L \cdot g = 0,2 \cdot 3 \cdot 10 = 6\ N$ bulunur. Sistemin ivmesi

$F_{net} = m_T \cdot a$

$25 - 10 - 4 - 6 = (2+3) \cdot a$

$a = 1\ m/s^2$ bulunur. İp gerilmesi, L cismine etki eden kuvvetlerden yararlanarak

$F_2 - T - F_{S_L} = m_L \cdot a$

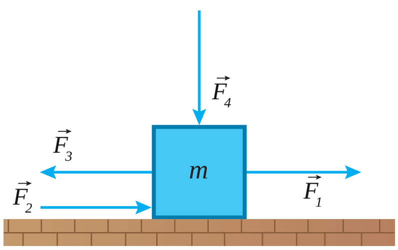
$25 - T - 6 = 3 \cdot 1$

$T = 16\ N$ bulunur.

AKLINDA BULUNSUN

Cisimlerin hareket etmesi koşuluyla yatay zeminin sürtünmeli ya da sürtünmesiz olması, birbirine bağlı kütlelerdeki ip gerilmesinin değerini etkilemez. Bu durumdan sadece sistemin ivmesi etkilenir.

1.23. Soru



Sürtünmelerin ihmal edildiği düzlemde m kütleli cisme yatay ve dikey doğrultuda etki eden $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ ve $\vec{F}_4$ kuvvetleri şekil üzerinde gösterilmiştir. Cisim sabit hızla hareket ettiğine göre

a) Cismin hareket yönü nedir?

b) $\vec{F}_3$ kuvveti kaldırılırsa cismin hareket durumu nasıl değişir?

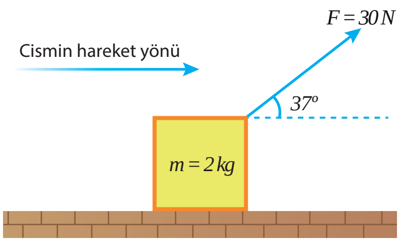
c) $\vec{F}_4$ kuvveti kaldırılırsa cismin hareket durumu nasıl değişir?

Cevap

AKLINDA BULUNSUN

Cismin üzerindeki hız ile ivme vektörü aynı yönlü ise cisim hızlanır, zıt yönlü ise yavaşlar.

1.24. Soru



Şekildeki m = 2 kg kütleli cisim F = 30 N'luk kuvvet etkisinde sağa doğru hızlanmaktadır. Cisim ile yüzey arası sürtünmeli olup sürtünme katsayısı k = 0,1'dir.

Buna göre

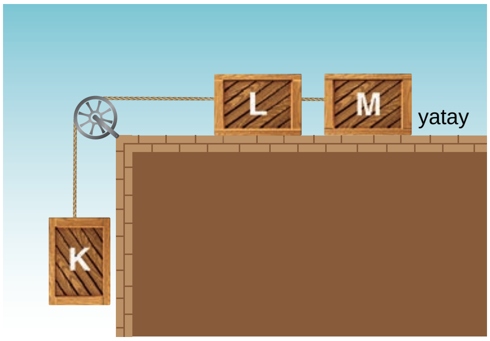
a) Cismin serbest cisim diyagramını çiziniz.

b) Cismin ivmesini hesaplayınız.

($\sin 37° = 0,6$; $\cos 37° = 0,8$; $g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Cevap

1.25. Soru



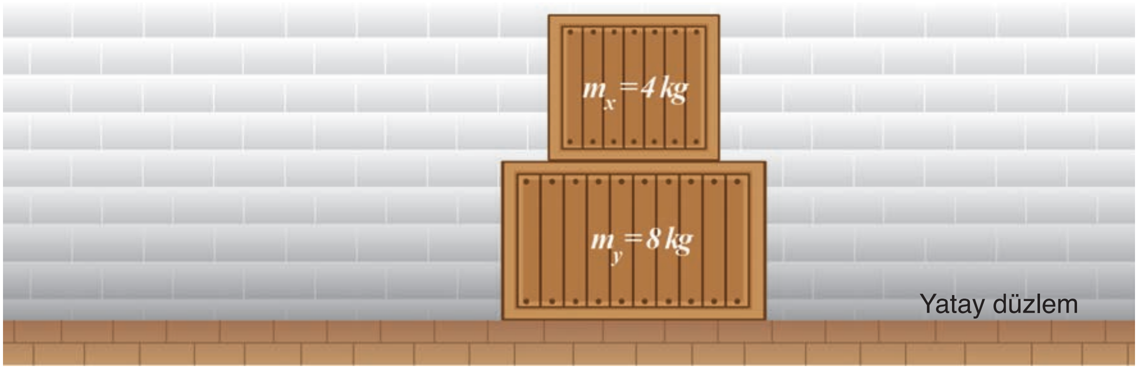
Özdeş K, L ve M cisimleri esnemeyen ve ağırlığı ihmal edilen bir ipe bağlı olarak sabit hızla hareket etmektedir. **L ve M cisimlerinin arasındaki ip koparsa L cisminin ivme büyüklüğünün M cisminin ivme büyüklüğüne oranı kaç bulunur?**

Cevap

4. UYGULAMA

Sürtünmesi ihmal edilen yatay düzlem üzerinde duran 8 kg kütleli Y kasasının üzerine 4 kg kütleli X kasası konuluyor. X ve Y kasaları arası sürtünmeli olup sürtünme katsayısı k = 0,4'tür.

(g = 10 m/s² alınız.)



1. X kasasının Y kasasına göre konumu değişmeyecek şekilde Y kasasına uygulanabilecek en büyük yatay kuvvet kaç N olur?

....

....

....

....

2. X kasasının Y kasasına göre konumu değişmeyecek şekilde X kasasına uygulanabilecek en büyük yatay kuvvet kaç N olur?

....

....

....

....

3. Y'ye yatay doğrultuda 12 N kuvvet uygulanırsa X ve Y kasalarının ivmeleri kaç m/s^2 olur?

....

....

....

....

4. Y'ye yatay doğrultuda 60 N kuvvet uygulanırsa X ve Y kasalarının ivmeleri kaç m/s^2 olur?

....

....

....

....

5. Yatay zemin sürtünmeli olsaydı verdiğiniz cevaplarda ne gibi değişiklikler olurdu? Açıklayınız.

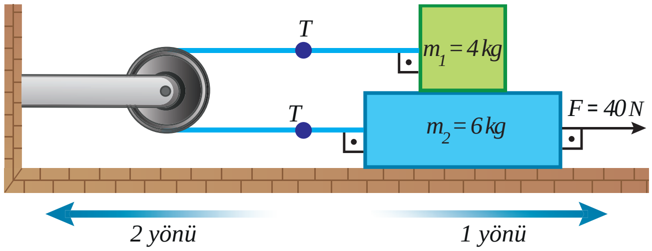
....

....

....

....

1.25. Örnek



Şekildeki sürtünmesi ihmal edilen sistemde kütleleri sırasıyla 4 kg ve 6 kg olan m_1 ve m_2 kütleli cisimler, esnemeyen ip yardımıyla ağırlığı ihmal edilen makaraya bağlanmıştır. m_2 kütleli cisme yatay düzleme paralel 40 N büyüklüğünde kuvvet uygulanmaktadır.

Buna göre m_1 kütleli cisim m_2 kütleli cismin üzerinden düşene kadar

a) Cisimlerin ivmesinin büyüklüğü kaç m/s² olur?

b) İpteki T gerilme kuvveti kaç N olur? *(g = 10m/s² alınız.)*

Çözüm

F kuvveti, m_2 kütleli cismi 1 yönünde çektiğinden bu cisim 1 yönünde hareket eder. m_2 kütleli cisim üzerinde bulunan m_1 kütlesi ise çekilen ip nedeniyle 2 yönünde hareket eder.

a) m_1 kütleli cisim için

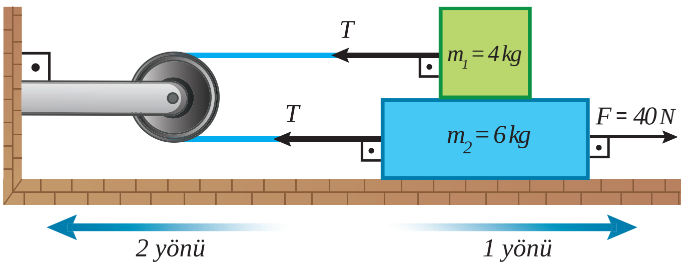
$F_{net} = m \cdot a \qquad T = m_1 \cdot a$

m_2 kütleli cisim için

$F_{net} = m \cdot a \qquad 40 - T = m_2 \cdot a$ olur.

Bu denklemde m_1 cismi için yazılan T değeri yerine yazılırsa

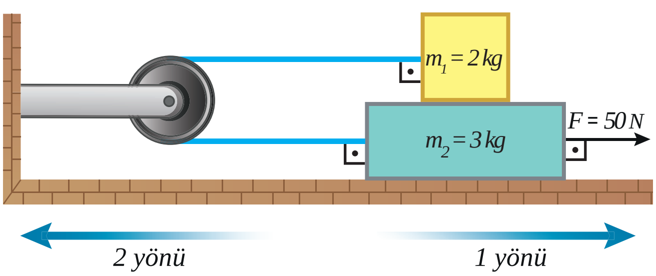
$$40 - T = m_2 \cdot a$$
$$40 - m_1 \cdot a = m_2 \cdot a$$
$$40 - 4 \cdot a = 6 \cdot a$$
$$40 = 10 \cdot a$$
$a = 4\ m/s^2$ bulunur.



b) T ip gerilmesinin büyüklüğü

$T = m_1 \cdot a = 4 \cdot 4 = 16\ N$ bulunur.

1.26. Soru

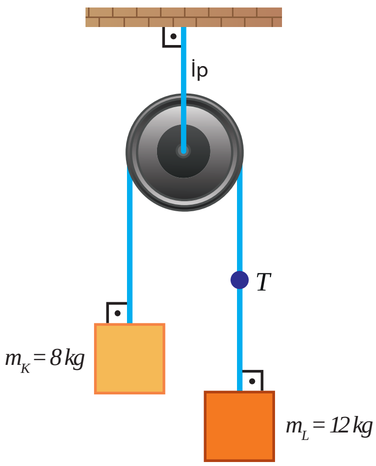


Yatay düzleme yerleştirilmiş m_1 ve m_2 kütleleri ile makaradan oluşan sistemde sürtünme sadece cisimler arasındadır. Cisimlerin kütleleri 2 kg ve 3 kg olup sürtünme katsayısı k = 0,5'tir. m_2 kütleli cisme yatay düzleme paralel 50 N büyüklüğünde kuvvet uygulandığında

m_1 kütleli cisim, m_2 kütleli cismin üzerinden düşene kadar cisimlerin ivmesinin büyüklüğü kaç m/s²dir? *(g = 10 m/s² alınız.)*

Cevap

1.26. Örnek

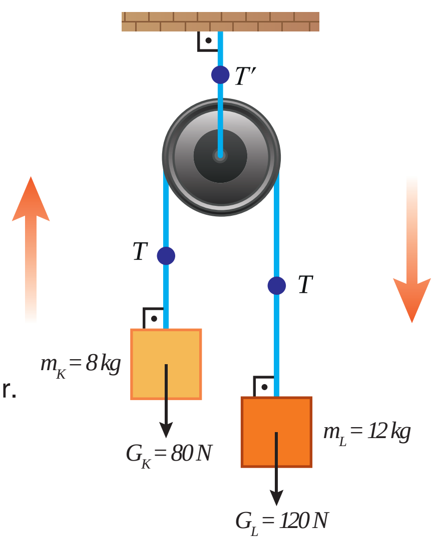


8 kg kütleli K cismi ile 12 kg kütleli L cismi, esnemeyen ve ağırlığı ihmal edilen iple birbirine bağlanmıştır. Sürtünmelerin ihmal edildiği ortamda cisimler serbest bırakıldığında

a) İpte oluşan T gerilme kuvvetinin büyüklüğü kaç N olur?

b) Ağırlığı 10 N olan makarayı tavana bağlayan ve ağırlığı ihmal edilen ipteki gerilme kuvveti kaç N olur? *($g = 10$ m/s² alınız.)*

Çözüm



a) Cisimlerin ağırlık değerleri

$G_K = m_K \cdot g = 8 \cdot 10 = 80\ N$

$G_L = m_L \cdot g = 12 \cdot 10 = 120\ N$ bulunur.

L cismi K cisminden daha ağır olduğu için L cismi aşağı yönde, K cismi ise yukarı yönde hareket eder. Cisimler üzerindeki net kuvvet

$F_{net} = G_L - G_K = 120 - 80 = 40\ N$ olur.

Newton'ın İkinci Hareket Yasası'na göre cisimler 40 N büyüklüğündeki net kuvvetin etkisiyle ivme kazanır. Bu durumda cisimlerin kazanacağı ivme

$F_{net} = (m_K + m_L) \cdot a \Longrightarrow 40 = (8 + 12) \cdot a \Longrightarrow a = 2\ m/s^2$ bulunur.

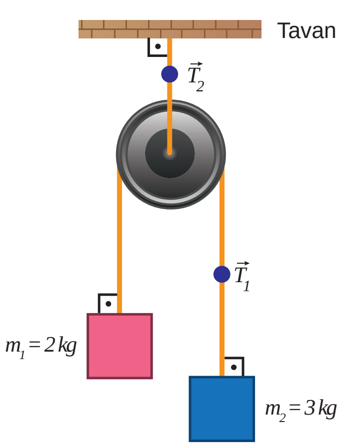
L cisminin serbest cisim diyagramı çizildiğinde

$F_{net} = G_L - T = m_L \cdot a \Longrightarrow 120 - T = 12 \cdot 2 \Longrightarrow T = 96\ N$

büyüklüğünde olur.

b) Makara dengede olduğundan makarayı tavana bağlayan ipteki gerilme kuvveti $T' = 2T + G_{makara}$ olduğundan $T' = 2 \cdot 96 + 10 = 202\ N$ bulunur.

1.27. Soru



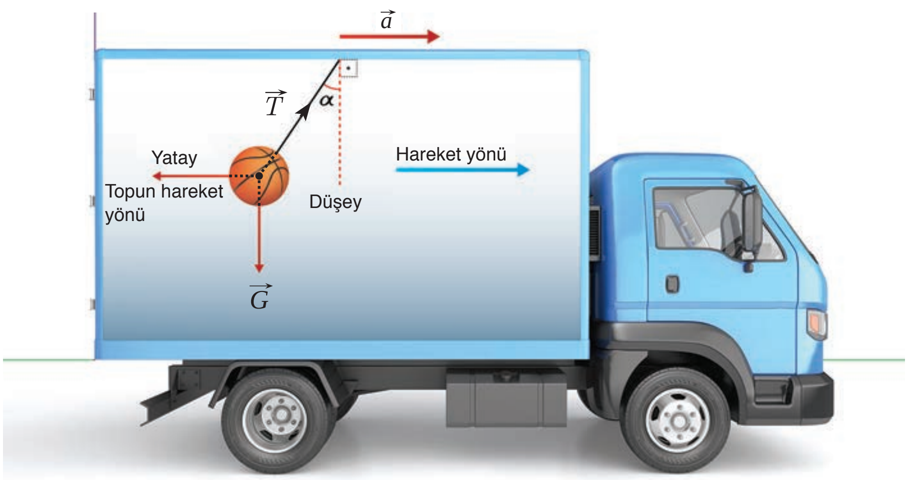
Şekildeki düzenekte 2 kg kütleli m_1 cismi ile 3 kg kütleli m_2 cismi, ağırlığı ihmal edilen ve esnemeyen iple birbirine bağlanmıştır. Sürtünmelerin ihmal edildiği ortamda cisimler şekildeki konumlarından serbest bırakılmaktadır.

Cisimleri birbirine bağlayan ipteki gerilme kuvveti $\vec{T}_1$ ve makarayı tavana bağlayan ipteki gerilme kuvveti $\vec{T}_2$dir. Makaranın ağırlığı 16 N olduğuna göre T_1 ve T_2 gerilme kuvvetlerinin büyüklükleri kaç N olur? *($g = 10$ m/s² alınız.)*

Devam ediyor.

Cevap

Görsel 1.6'da bir yük kamyoneti ile yapılan eylemsizlik kuvveti deneyine ait temsilî çizim görülmektedir. Bu görselde hareket hâlindeki kamyonetin kasasına asılı olan bir basketbol topunun üzerine etki eden kuvvetler verilmiştir.



***Görsel 1.6:** Hareket hâlindeki kamyonet içinde topa etkiyen kuvvetler*

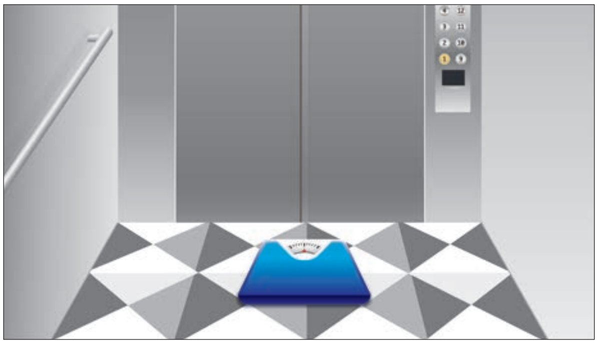
Kamyonet $\vec{a}$ ivmesi ile hızlanmaya başladığında basketbol topu eylemsizlik nedeniyle düşeyle α açısı yapacak şekilde dengeye gelir. Bu denge durumunda top da a ivme büyüklüğü ile araca ters yönde harekete geçer. a ivmesi ile g yer çekimi ivmesinin büyüklüğü arasındaki ilişki

$$tan(\alpha) = \frac{a}{g}$$

$a = g \cdot tan(\alpha)$ bulunur.

Bu eşitliğe göre topun düşey doğrultu ile yaptığı açı, yer çekimi ivmesi ile kamyonetin ivmesine bağlı olan topun kütlesinden bağımsızdır.

1.28. Soru



Ağırlık ölçerlerdeki ölçümleri etkileyen etmenlerle ilgili araştırma yapan bir kişi, asansörün tabanına bir tartı yerleştirmiştir. Bu araştırmada kütle değerlerini bildiği cisimleri kullanarak asansörün hareket durumuna göre bu cisimlerin ağırlık değerlerini ölçmüştür.

Aşağıdaki tablo cisimlerin ağırlıklarını, asansörün hareketi ve ivme değerleri ile cisimlerin asansör içindeki ağırlık değerlerini göstermektedir.

Tablo: *Cisimlerin Kütleleri, Asansörün Hareketi ve İvme Değerleri ile Cisimlerin Asansör İçindeki Ağırlık Değerleri*

Cismin Kütlesi (kg)	Asansörün Hareketi	Asansör İvme Değeri (m/s^2)	Cismin Asansör İçindeki Ağırlığı (N)	Yer Çekimi İvmesi (m/s^2)
5	Sabit hızlı	0	50	10
	Yukarı hızlanan	2	60	10
	Aşağı hızlanan	3	35	10
10	Sabit hızlı	0	100	10
	Yukarı hızlanan	2	120	10
	Aşağı hızlanan	3	70	10

a) Tabloya göre cismin ağırlığındaki değişimi belirleyiniz. Bu değişimi dikkate alarak asansörün sabit hızlı, yukarı hızlanan ve aşağı hızlanan hareketi sonucunda cismin asansör içindeki ağırlığını veren eşitlikler türetiniz. Bu eşitliklerin doğruluğunu tablodaki değerleri kullanarak aşağıdaki ilgili kutulara yazarak gösteriniz.

Sabit hızlı	Yukarı hızlanan	Aşağı hızlanan
....	....	....
....	....	....
....	....	....

b) Asansörün hareketi aşağı doğru yavaşlayan ve yukarı doğru yavaşlayan bir hareket olsaydı cismin asansör içindeki ağırlığı kaç N olurdu? Bu soruya verdiğiniz cevabı tablodaki değerler ile karşılaştırarak yorumlayınız.

....

....

c) Sizce araştırma yapan kişi, ağırlık ölçer ile ilgili nasıl bir sonuca ulaşmış olabilir? Kısaca açıklayınız.

....

....

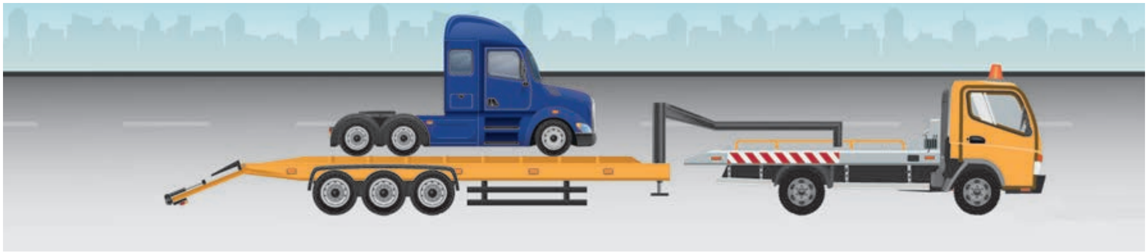
ç) Asansörün içinde elinizde yaylı kantar ile tartılarak satışını yaptığınız bir ürün olduğunu kabul ediniz. Asansör içindeki kişilerden biri, ürünü satın almak istediğini belirttiğinde hangi davranışta bulunursanız etik ilkelere uygun olur? Kısaca açıklayınız.

....

....

1.29. Soru

Sarı renkte bir araca bağlı römork, üzerinde mavi renkte bir kamyon taşımaktadır.



Buna göre sarı araç

a) İleriye doğru sabit ivme ile hızlandığında,

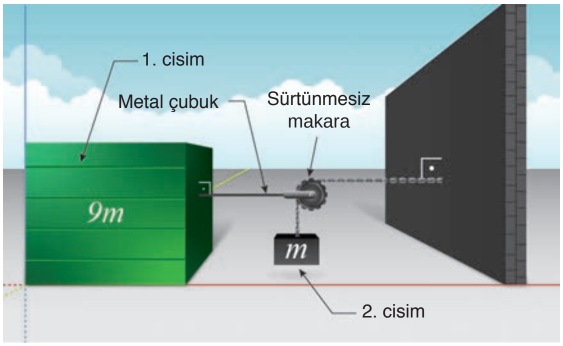
b) İleriye doğru giderken sabit ivme ile yavaşladığında,

c) Geriye doğru sabit ivme ile hızlandığında,

ç) Geriye doğru giderken sabit ivme ile yavaşladığında

mavi kamyonun hareket edebileceği yönü çizerek gösteriniz.

FİNAL SORUSU



Cisimlerin çeşitli kuvvetler etkisindeki hareket durumları hakkında araştırmalar yapan fizik öğretmeni Şeyma Hanım, görselde verilen temsilî çizimdeki gibi bir deney düzeneği tasarlıyor. Deney düzeneğinde yatay zemin üzerinde duran 9m kütleli cisim ve makara düzeneğine bağlı, yerden yeterince yüksekte bulunan m kütleli cisim dengede tutulmaktadır. Deney düzeneğindeki sürtünmeler ile zincir, metal çubuk ve makaranın ağırlığı ihmal edildiğine göre m kütleli cismin yere varma anına kadar olan süreçte Şeyma Öğretmen

a) Cisimlerin hareket ivmelerinin büyüklüklerini oranladığında hangi sonucu bulmuş olmalıdır? Gerekçelendirerek açıklayınız.

....

....

b) Cisimlerden herhangi birisinin hareket ivmesi büyüklüğü ile yer çekimi ivmesi büyüklüğünü oranladığında hangi değeri bulur?

....

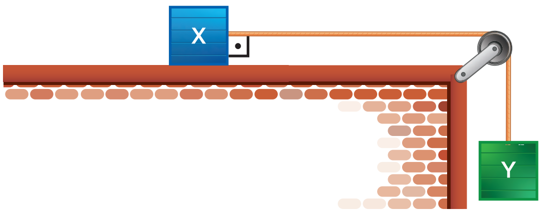
c) m kütleli cisim yere ulaştığı anda 9m kütleli cismin hareketi ile ilgili gözlem notlarında neler yazmış olmalıdır? Gerekçelendirerek açıklayınız.

....

....

3. BÖLÜM ÇALIŞMA SORULARI

1. Soru

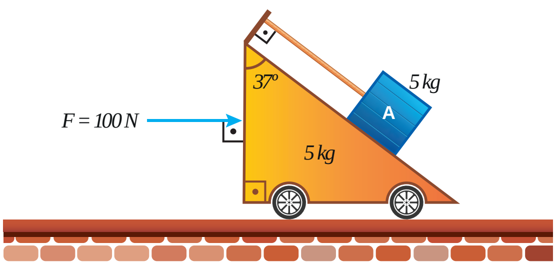


Eşit kütleli X ve Y cisimlerinden oluşan sistem başlangıçta durgun hâldedir.

Sürtünmelerin ihmal edildiği sistem serbest bırakıldığında X cisminin ivmesi kaç m/s² olur?

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

2. Soru



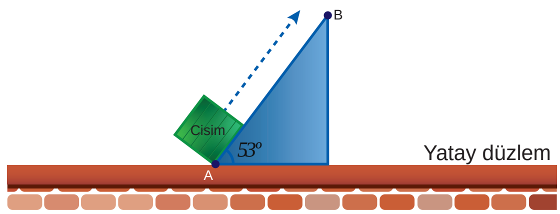
Sürtünmelerin ihmal edildiği düzenek 5 kg kütleli tekerlekli eğik düzlem ve A cisminden oluşmuştur. Başlangıçta durgun olan sistem F = 100 N'luk kuvvetin etkisi ile harekete geçirildiğinde

a) Sistemin ivmesi kaç m/s² olur?

b) A cismini tutan T ip gerilme kuvveti kaç N olur?

$(\cos 37° = 0,8; \sin 37° = 0,6; g = 10\ m/s^2$ *alınız.)*

3. Soru

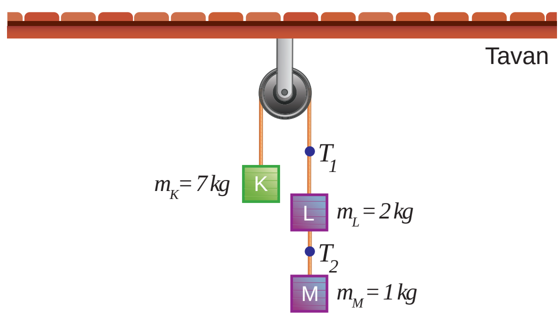


Sürtünme katsayısı $\frac{2}{3}$ olan eğik düzlemde A noktasından fırlatılan cisim, eğik düzlemin B noktasında anlık olarak durmakta ve daha sonra geriye doğru hızlanmaktadır.

Cismin A noktasından B noktasına giderken yavaşlama ivmesi a_1 ve B noktasından A noktasına giderken hızlanma ivmesi a_2 olduğuna göre $\frac{a_1}{a_2}$ oranı kaçtır?

$(\cos 53° = 0,6; \sin 53° = 0,8; g = 10\ m/s^2$ *alınız.)*

4. Soru



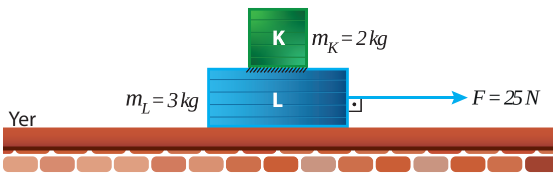
Sürtünmelerin ihmal edildiği şekildeki sistemde K, L ve M cisimlerinin kütleleri sırasıyla m_K= 7 kg, m_L= 2 kg ve m_M= 1 kg'dır.

Esnemeyen ve ağırlığı ihmal edilen iplerle birbirine bağlanmış cisimler serbest bırakılırsa iplerde oluşan gerilme kuvvetlerinin büyüklükleri oranı $\frac{T_1}{T_2}$ kaç bulunur?

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Devam ediyor.

5. Soru

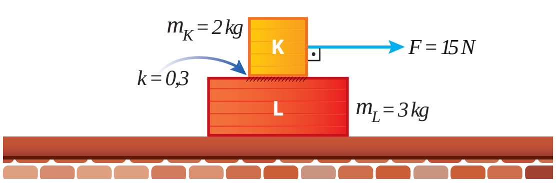


Şekildeki sistemde 2 kg kütleli K cismi ile 3 kg kütleli L cismi arasındaki yüzeyin sürtünme katsayısı k'dir. Yatay zemin ile L cismi arasındaki sürtünme ihmal edilmektedir.

L cismine 25 N'luk bir kuvvet uygulandığında cisimlerin birlikte hareket etmeleri için K cismi ile L cismi arasındaki sürtünme katsayısı k en az kaç olmalıdır?

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

6. Soru

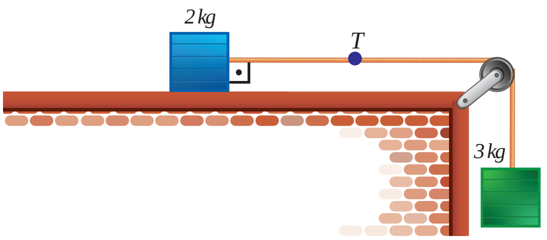


Şekildeki sistemde 2 kg kütleli K cismi ile 3 kg kütleli L cismi arasında sürtünme katsayısı k = 0,3 iken yatay zemin ile L cismi arasındaki sürtünme ihmal edilmektedir.

K cismine 15 N büyüklüğünde bir kuvvet uygulandığına göre K ve L cisimlerinin ivmelerinin büyüklüğü kaç m/s²dir?

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

7. Soru

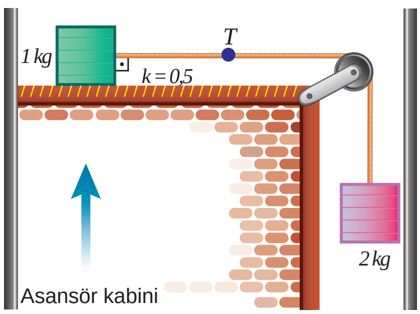


2 kg ve 3 kg kütleli cisimler esnemeyen ip yardımıyla birbirlerine bağlanmıştır. Yüzey sürtünme katsayısı 0,25 olan ortamda cisimler, şekildeki konumlarından serbest bırakılmaktadır.

Buna göre serbest bırakılan cisimler hareket ederken ipte oluşan gerilme kuvvetinin büyüklüğü T kaç N olur?

(İplerin ağırlığını ihmal ediniz. $g = 10\ m/s^2$ alınız.)

8. Soru



Yukarı yönde 2 m/s² ivme ile hızlanan asansör içinde 1 kg ve 2 kg kütleli cisimler makara yardımıyla birbirlerine şekildeki gibi bağlanıyor.

1 kg kütleli cisim ile yüzey arasındaki sürtünme katsayısı 0,5 ise cisimlerin bağlı olduğu ipteki gerilme kuvveti T kaç N olur?

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

1.4. BİR BOYUTTA SABİT İVMELİ HAREKET

HAZIR MISINIZ?

HAREKET HER YERDE

- ***Nerede hareket, orada bereket***
- ***Eli dursa ayağı durmaz.***
- ***Gaza basmak***
- ***Pire gibi***
- ***Harekete geçmek***

Yukarıda verilen atasözü ve deyimlerin temelinde hareket kavramı yer almaktadır.

Hareket aslında günlük hayatın içerisinde önemli bir unsurdur. Yaşam boyunca kalbin sürekli atması da bir hareket değil midir?

Cisimleri durgun veya hareketli olarak tanımlarken referans sisteminin önemine bağıl hareket konusunda değinilmişti. Aslında evrenin oluşumuyla ilgili en çok kabul gören Büyük Patlama Teorisi dikkate alınırsa evren, patlamanın gerçekleştiği noktaya göre sürekli genişleyerek bütünüyle birlikte hareket etmektedir. Benzer şekilde bir elementi durgun olarak tanımlarken o elementi oluşturan atomların durgun olduğu söylenemez. Atomlardaki elektronların sürekli yörüngede dolanma hareketi yaptığı unutulmamalıdır.

Hareket birçok çeşidi olan bir kavramdır. Bir aracın dairesel bir pistte hareketi ile doğrusal bir yoldaki hareketi aynı olmadığı gibi yer çekiminin etkisiyle yere düşen elmanın hareketi ile salıncakta sallanan bir çocuğun hareketi de birbirinden farklıdır.



1. soru: Hareket çeşitleri neler olabilir? Gerekçelendirerek açıklayınız.

....

....

....

....

2. soru: İlk soruda belirlediğiniz hareket çeşitlerine günlük hayattan örnekler veriniz.

....

....

....

....

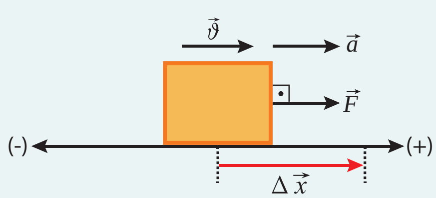
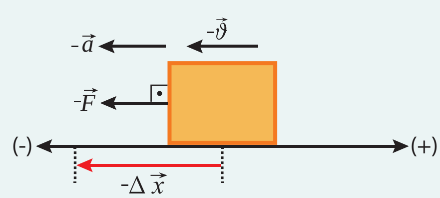
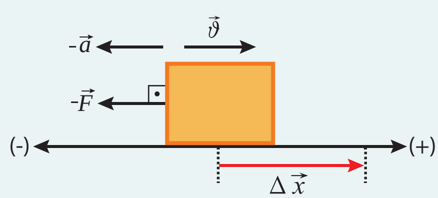
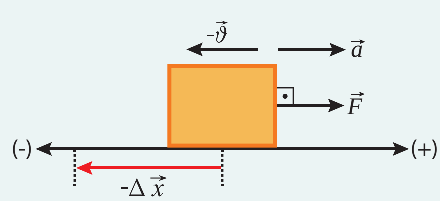
Dünyanın en hızlı canlılarından biri olarak bilinen çitanın vahşi doğada avlanmak için durgun hâlden maksimum hızına ulaşması ve durması, araçların hızlanıp yavaşlaması hız değişimi olan hareketlere örnek verilebilir. Bu tür hareketler Newton'ın İkinci Hareket Yasası ile açıklanabilir. Bu yasa gereği cisme etki eden net kuvvet zamanla değişmiyorsa yani eşit zaman aralıklarında cismin hızındaki değişim aynı ise cisim sabit ivmeli hareket yapar. Doğrusal bir yolda cisimlerin yapmış olduğu bu harekete **bir boyutta sabit ivmeli hareket** denir.

1.4.1. BİR BOYUTTA SABİT İVMELİ HAREKET

Doğrusal bir yolda hareket eden cisimlerin hareket yönlerinden biri pozitif (+) ise diğeri negatif (-) olarak işaretlenir. Pozitif veya negatif yönde hızın artması ya da azalması yer değiştirme, hız ve ivme yönünde farklılık gösterir. Newton'ın temel prensibine göre cisme etki eden net kuvvet ile cismin ivmesi aynı yöndedir ve hareketliye etki eden kuvvetin yönü, hızın azalmasına ya da artmasına neden olur. Cisme hareketi yönünde sabit büyüklükte net kuvvet uygulandığında hız düzgün olarak artar. Net kuvvet cismin hareketine zıt yönde uygulandığında hız düzgün olarak azalır.

Bir boyutta sabit ivmeli hareket, hızın düzgün olarak arttığı **düzgün hızlanan doğrusal hareket** ve hızın düzgün olarak azaldığı **düzgün yavaşlayan doğrusal hareket** olmak üzere iki bölümde incelenir. Tablo 1.3'te bir cisme etki eden kuvvet ile ivme, hız ve yer değiştirmelerinin yönleri verilmiştir.

Tablo 1.3: *Cisimlerin Kuvvet, İvme, Hız ve Yer Değiştirmelerinin Yönleri*

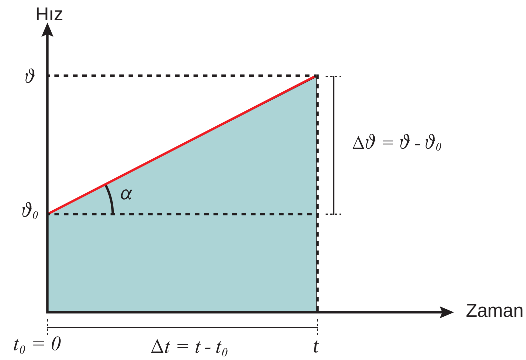
Pozitif Yönde Hızlanan Cisim	Negatif Yönde Hızlanan Cisim
	
Pozitif Yönde Yavaşlayan Cisim	**Negatif Yönde Yavaşlayan Cisim**
	

Günlük hayatta araba ve uçak gibi araçlar, maksimum ya da minimum hıza ulaşıncaya kadar ivmeli hareket yapar. Bu tür hareketlilerin bulunduğu konumda sahip olduğu hız ve ivmesinin zamana bağlı çizilen grafikleri hareket türlerinin çözümlenmesini ve hareket denklemlerine ulaşılmasını sağlar.

Konu ile ilgili video için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

Grafik 1.1'de sürtünmesi ihmal edilen düzgün doğrusal bir yolda $\vec{\vartheta}_0$ ilk hızı ile hareket eden bir cismin hız-zaman grafiği verilmiştir. Bu grafikte cismin t süre sonra hızında bir değişimle $\vec{\vartheta}$ hıza ulaştığı, dolayısıyla ivmeli hareket yaptığı görülmektedir.

Hız-zaman grafik eğrisinin eğimi ivmeyi verir. İvmenin matematiksel modelinden cismin son hızının büyüklüğü



***Grafik 1.1:** Doğrusal bir yolda düzgün hızlanan bir cismin hız-zaman grafiği*

$$\text{Eğim} = \frac{\Delta\vec{\vartheta}}{\Delta t} \Longrightarrow a = \frac{\vartheta - \vartheta_0}{t - t_0} = \frac{\vartheta - \vartheta_0}{t - 0} \Longrightarrow \vartheta - \vartheta_0 = a \cdot t$$

$\vartheta = \vartheta_0 + a \cdot t$ olarak bulunur.

Hız-zaman grafiklerinde grafik ile yatay eksen arasında kalan alan, yer değiştirmeyi vermektedir. Buna göre

$\text{Alan} = \Delta x = \dfrac{(\vartheta + \vartheta_0)t}{2}$ olur.

$\vartheta = \vartheta_0 + a \cdot t$ bağıntısı Δx ifadesinde yerine yazılırsa yer değiştirme

$$\Delta x = \frac{(\vartheta_0 + a \cdot t + \vartheta_0)t}{2} = \frac{2\vartheta_0 \cdot t + a \cdot t^2}{2}$$

$\Delta x = \vartheta_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$ olurak bulunur.

$\vartheta = \vartheta_0 + a \cdot t$ bağıntısından $t = \dfrac{\vartheta - \vartheta_0}{a}$ elde edilir. t eşitliği $\Delta x = \dfrac{(\vartheta + \vartheta_0)t}{2}$ bağıntısında yerine yazılırsa

$$\Delta x = \frac{(\vartheta + \vartheta_0) \cdot (\vartheta - \vartheta_0)}{2a} = \frac{\vartheta^2 - \vartheta \cdot \vartheta_0 + \vartheta \cdot \vartheta_0 - \vartheta_0^2}{2a} = \frac{\vartheta^2 - \vartheta_0^2}{2a}$$

$\vartheta^2 = \vartheta_0^2 + 2a \cdot \Delta x$ elde edilir. Bu ifadeye **zamansız hız denklemi** denir.

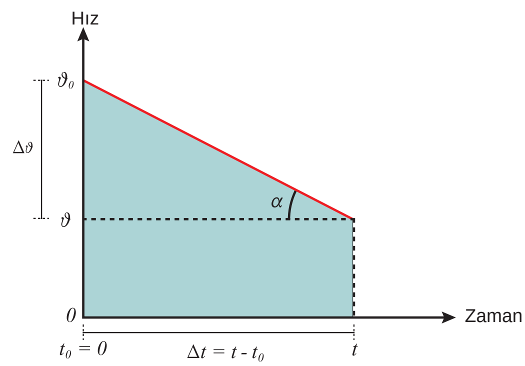
Grafik 1.2'de sürtünmelerin ihmal edildiği düzgün doğrusal bir yolda $\vec{\vartheta}_0$ ilk hızı ile hareket eden bir cismin hız-zaman grafiği verilmiştir. Burada cisim pozitif yönde yavaşlamaktadır. Yer değiştirme ve hız denklemlerinde ivme negatif alınarak denklemler

$$\vartheta = \vartheta_0 - a \cdot t$$

$$\Delta x = \vartheta_0 \cdot t - \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$$\vartheta^2 = \vartheta_0^2 - 2a \cdot \Delta x$$

şeklinde düzenlenir.

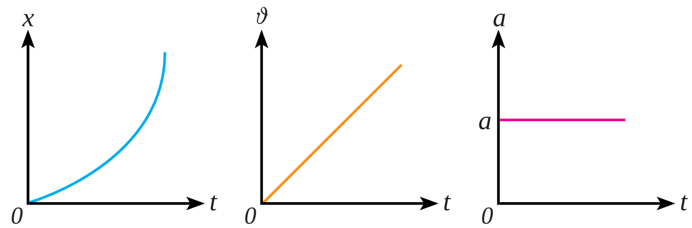
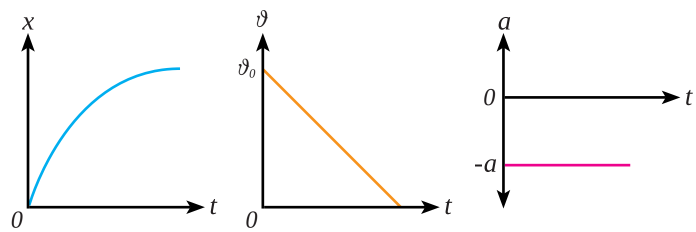
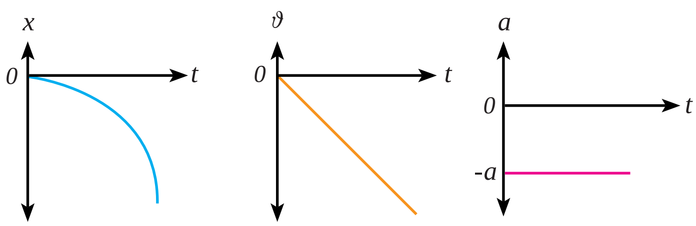
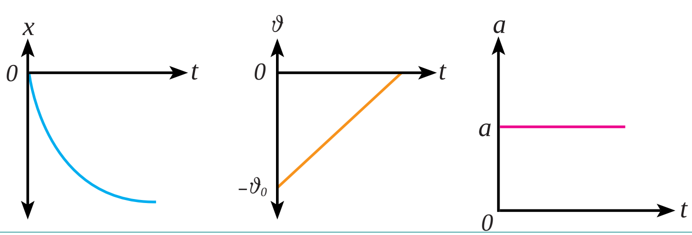


***Grafik 1.2:** Doğrusal bir yolda düzgün yavaşlayan bir cismin hız-zaman grafiği*

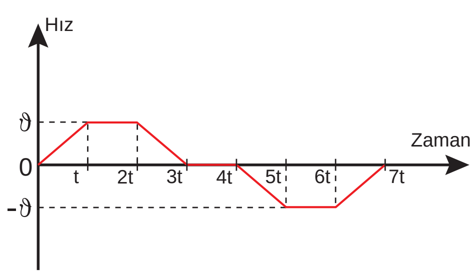
Tablo 1.4'te bir boyutta sabit ivmeye sahip bir cismin hareket türüne bağlı hız, yer değiştirme ve zamansız hız denklemleri ile konum-zaman (x-t), hız-zaman (ϑ-t) ve ivme-zaman (a-t) grafikleri verilmiştir. Burada hareket denklemleri kullanılarak t = 0 anında x = 0 noktasından harekete başlayan cisimlerin grafikleri ele alınmıştır.

Konu ile ilgili animasyon için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

Tablo 1.4: *Bir Boyutta Sabit İvmeli Hareket Eden Cisme Ait Grafik ve Denklemler*

Hareket Türü	Harekete Ait Grafikler	Hareket Denklemleri
Pozitif yönde düzgün hızlanan hareket		$\vartheta = \vartheta_0 \mp a \cdot t$ $\Delta x = \vartheta_0 \cdot t \mp \frac{1}{2} a \cdot t^2$ $\vartheta^2 = \vartheta_0^2 \mp 2a \cdot \Delta x$ Hız ile ivme vektörleri aynı yönlü ise hareket denklemlerinde toplama işlemi yapılır. Hız ile ivme vektörleri zıt yönlü ise hareket denklemlerinde çıkarma işlemi yapılır.
Pozitif yönde düzgün yavaşlayan hareket		
Negatif yönde düzgün hızlanan hareket		
Negatif yönde düzgün yavaşlayan hareket		

1.30. Soru

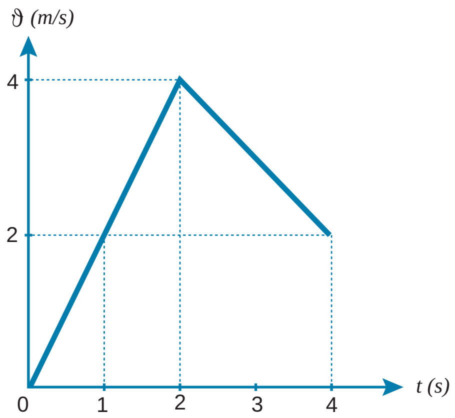


Doğrusal bir yolda t = 0 anında başlangıç noktasında harekete geçen bir aracın hız-zaman grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre hareketlinin her bir zaman aralığındaki hareketinin türünü belirleyiniz.

Cevap

1.27. Örnek



Doğrusal bir yolda t = 0 anında başlangıç noktasından harekete geçen bir aracın hız-zaman grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre

a) Aracın hız-zaman grafiğini yorumlayınız.

b) İvme-zaman grafiğini çiziniz.

c) Konum-zaman grafiğini çiziniz.

ç) Araç 2. s'de kaç m yer değiştirmiştir?

Çözüm

a) Aracın hız-zaman grafiği incelendiğinde hızının (0-2) s zaman aralığında, pozitif yönde düzgün artarak 4 m/s; (2-4) s zaman aralığında, aynı yönde düzgün azalarak 2 m/s olduğu görülmektedir. Grafik, aracın (0-4) s zaman aralığındaki hareketini göstermektedir.

b) Durgun hâlden harekete başlayan aracın ilk hızı sıfırdır. (0-2) s zaman aralığındaki ivme büyüklüğü a_1 hız denklemi kullanılarak

$$\vartheta = \vartheta_0 + a \cdot t$$

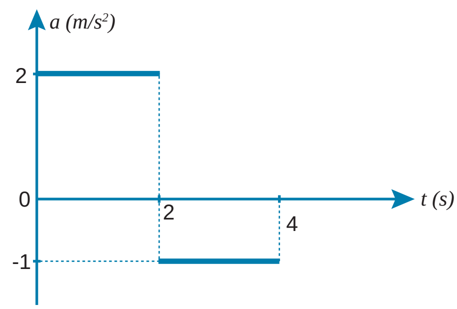
$$4 = 0 + a_1 \cdot 2$$

$a_1 = 2\ m/s^2$ bulunur. (2-4) s zaman aralığındaki ivme büyüklüğü a_2 hız denklemi kullanılarak

$$\vartheta = \vartheta_0 - a \cdot t$$

$$2 = 4 - a_2 \cdot 2$$

$a_2 = 1 m/s^2$ bulunur. Bu değer yavaşlama ivmesine ait olduğu için grafikte eksi olarak işaretlenir.



c) Konum-zaman grafiklerinde t = 0 anında başlangıç noktasından harekete geçen aracın ilk konumu sıfır olarak gösterilir. Aracın 2. s'deki konumu x_1, yer değiştirme denklemleri kullanılarak

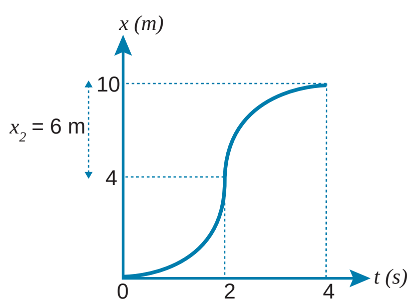
$$\Delta x = \vartheta_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$x_1 = 0 \cdot 2 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 2^2$$

$x_1 = 4\ m$ bulunur. Aracın (2-4) s'de aldığı yol x_1 yer değiştirme denklemleri kullanılarak

$$\Delta x = \vartheta_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

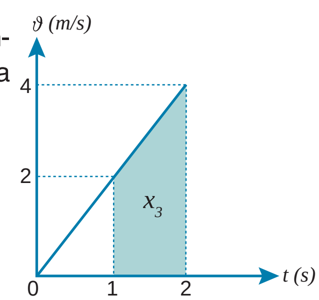
$x_2 = 4 \cdot 2 - \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 2^2 = 6\ m$ bulunur.



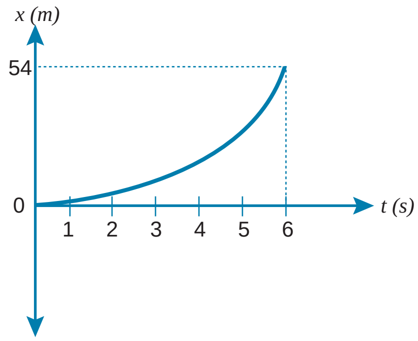
ç) 2. s'de aracın aldığı yol ile ifade edilmek istenen (1-2) s zaman aralığında aldığı yoldur. Aracın ivmesi bu zaman aralığında 2 m/s² olduğuna göre 2. s'de aldığı yol x_1, yer değiştirme denklemleri kullanılarak

$$\Delta x = \vartheta_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$x_3 = 2 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 1^2 = 3\ m$ bulunur.



1.31. Soru



Düzgün doğrusal bir yolda durgun hâlden sabit ivmeyle harekete başlayan aracın konum-zaman grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre aracın

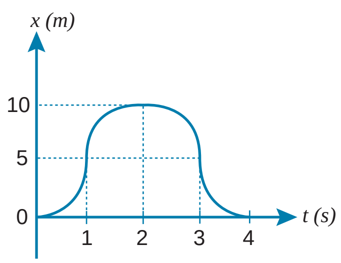
a) Konum-zaman grafiğini yorumlayınız.

b) 6. s'deki hızının büyüklüğü kaç m/s olur?

c) İvmesinin büyüklüğü kaç m/s² olur?

Cevap

1.28. Örnek



Doğrusal bir yolda t = 0 anında ilk hızı sıfır olan bir aracın konum zaman grafiği verilmiştir.

Buna göre aracın

a) Konum-zaman grafiğini yorumlayınız.

b) Hız-zaman grafiğini çiziniz.

c) İvme-zaman grafiğini çiziniz.

Çözüm

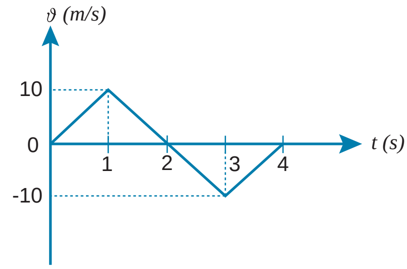
a) Araç; (0-1) s'de pozitif yönde düzgün hızlanan, (1-2) s'de pozitif yönde düzgün yavaşlayan, (2-3) s'de negatif yönde düzgün hızlanan ve (3-4) s'de negatif yönde düzgün yavaşlayan hareket yapmaktadır. Araç 2. s'de yön değiştirmiştir. Grafik, aracın (0-4) s zaman aralığındaki yer değiştirme hareketini göstermektedir.

Devam ediyor.

b) Aracın (0-1) s zaman aralığındaki konum ve ivme bilgilerinden yararlanarak hız değişimi bulunabilir. Aracın eşit zaman aralıklarındaki hız değişimi hız denklemi kullanılarak

$\vartheta = \vartheta_0 + a \cdot t$

$\vartheta = 0 + 10 \cdot 1 = 10\ m/s$ bulunur. Burada (1-2) s'de pozitif yönde düzgün yavaşlayan ve (3-4) s'de negatif yönde düzgün yavaşlayan hareket ettiğine dikkat edilerek hız-zaman grafiği çizilir.



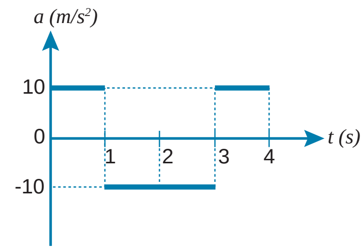
c) Konum-zaman grafiği verilen hareketlinin (0-1) s, (1-2) s, (2-3) s ve (3-4) s zaman aralıklarında yer değiştirme büyüklükleri eşittir. Bu durum bu zaman aralıklarında ivme büyüklüklerinin de eşit olduğu anlamına gelir. İvmenin büyüklüğü

$\Delta x = \vartheta_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

$5 = 0 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot 1^2$

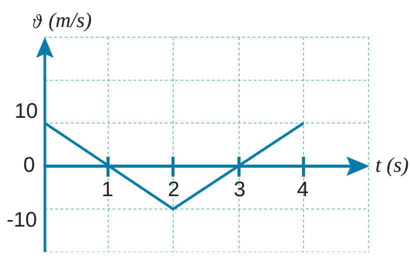
$a = 10\ m/s^2$ bulunur. Hareketli,

(0-1) s aralığında pozitif yönde hızlandığından ivmesi pozitif,
(1-2) s aralığında pozitif yönde yavaşladığından ivmesi negatif,
(2-3) s aralığında negatif yönde hızlandığından ivmesi negatif,
(3-4) s aralığında negatif yönde yavaşladığından ivmesi pozitif alınarak ivme zaman grafiği çizilir.



1.32. Soru

Doğrusal yolda hareket eden aracın hız-zaman grafiği verilmiştir.



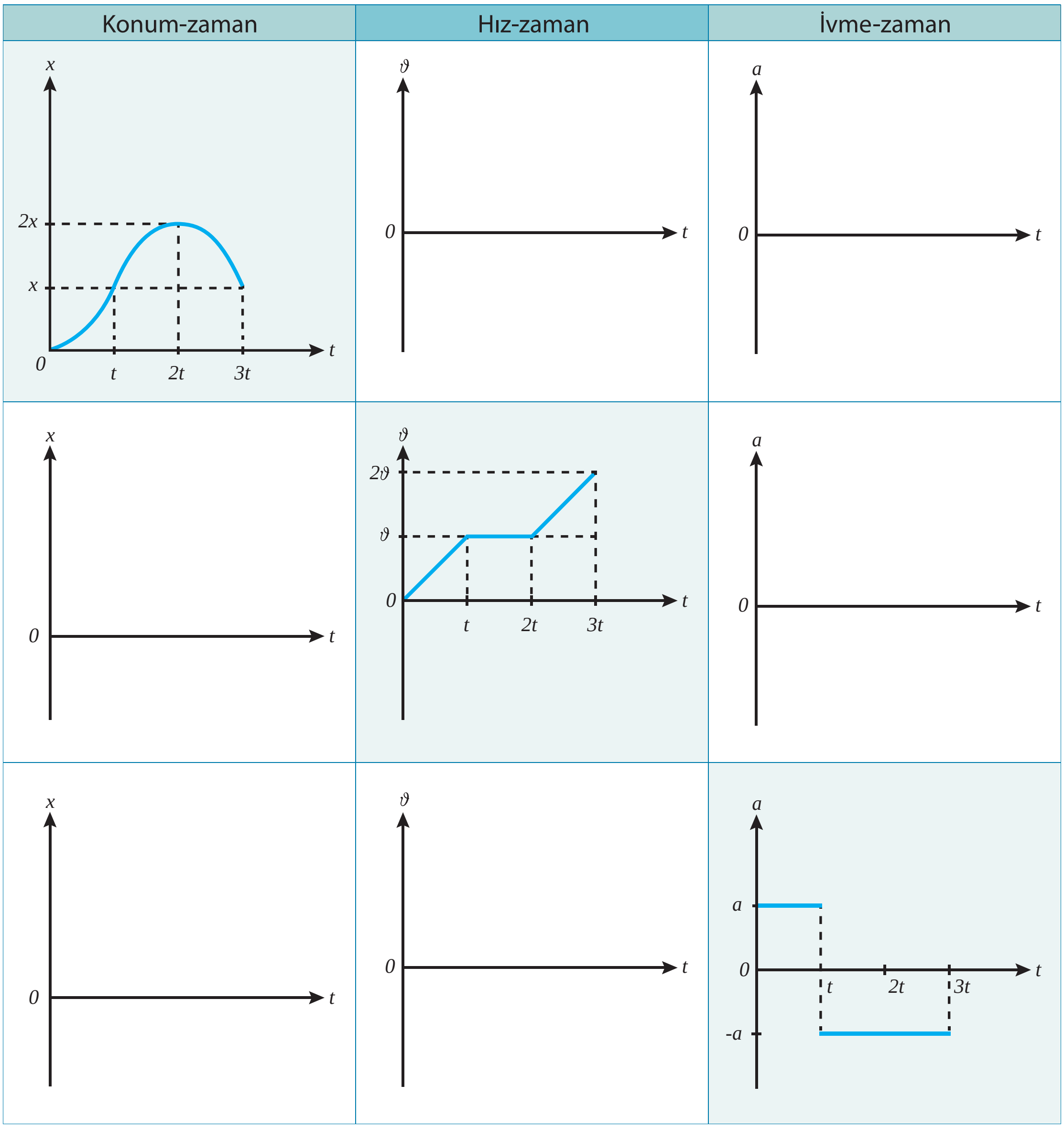
Buna göre bu aracın ivme-zaman grafiğini çiziniz.

Cevap

5. UYGULAMA

Aşağıdaki tabloda doğrusal bir yolda x = 0 konumunda durgun hâlden harekete başlayan K aracının konum-zaman, L aracının hız-zaman ve M aracının ivme-zaman grafikleri verilmiştir.

1. Tabloda çizilen grafiklerden yararlanarak K, L ve M araçlarının tabloda boş bırakılmış hareket grafiklerini çiziniz ve tabloyu tamamlayınız.



2. K, L ve M araçlarının her biri için çizdiğiniz grafiklerden birini seçerek aracın hareketini yorumlayınız.

....

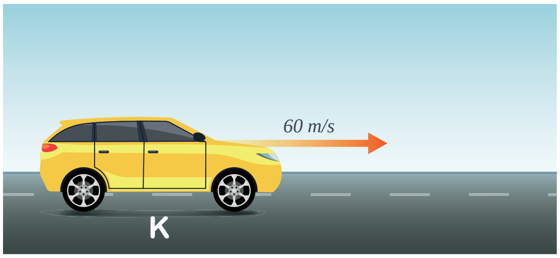
....

....

....

1.4.2. BİR BOYUTTA SABİT İVMELİ HAREKET İLE İLGİLİ HESAPLAMALAR

1.29. Örnek



60 m/s sabit hızla hareket eden bir araç, K noktasına geldiğinde düzgün yavaşlamaya başlayarak 10 s'de duruyor.

Buna göre

a) Aracın yavaşlama ivmesi kaç m/s^2'dir?

b) Araç durana kadar kaç m yol almıştır?

c) Araç yavaşlamaya başladığı andan itibaren 3 s'de kaç m yol almıştır?

Çözüm

a) K noktasına geldiğinde yavaşlayarak duran aracın ivmesi hız denklemleri kullanılarak

$\vartheta = \vartheta_0 - a \cdot t$

$0 = 60 - a \cdot 10$

$a = 6\ m/s^2$ bulunur.

b) Yer değiştirme denklemi kullanılarak aracın durana kadar aldığı yol

$\Delta x = \vartheta_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

$x = 60 \cdot 10 - \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 10^2$

$x = 300\ m$ bulunur.

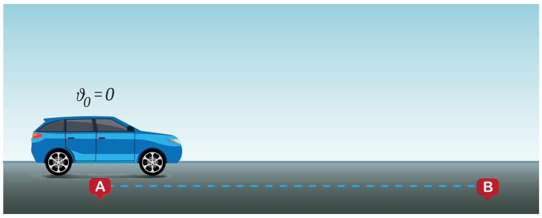
c) Araç düzgün yavaşlayan hareket yaptığı için ivme değeri değişmez. Bu durumda araç sürücüsünün fren yaptıktan 3 s sonra aldığı yol, yer değiştirme denklemi kullanılarak

$\Delta x = \vartheta_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

$x = 60 \cdot 3 - \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 3^2$

$x = 153\ m$ bulunur.

1.33. Soru



A noktasında durmakta olan bir araç 3 m/s^2 sabit ivme ile düzgün hızlanarak 4 s'de B noktasına ulaşıyor.

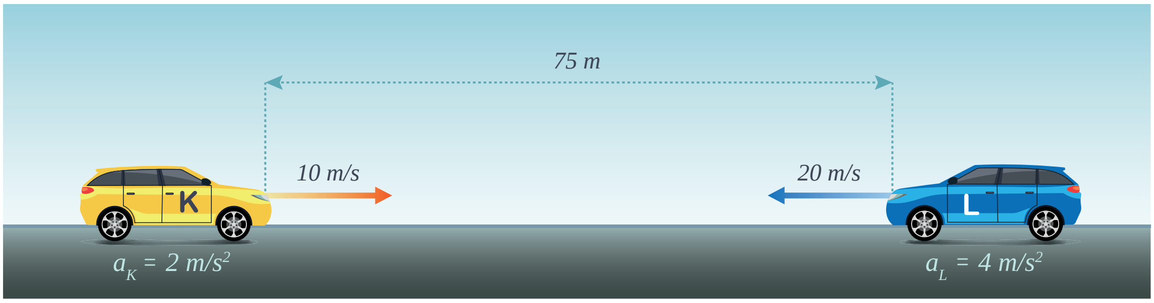
Buna göre

a) IABI uzaklığı kaç m'dir?

b) Aracın B noktasındaki hızı kaç m/s'dir?

Cevap

1.30. Örnek



Şekildeki K ve L araçları doğrusal yolda zıt yönlü 10 m/s ve 20 m/s sabit hızlarla hareket etmektedir. K ve L araç sürücüleri, aralarındaki uzaklık 75 m iken aynı anda frene basmaktadır. K aracı 2 m/s^2 ve L aracı 4 m/s^2 ivme ile düzgün yavaşlatılıp araçlar aynı konumda olacak şekilde çarpışmadan durduklarına göre

a) K ve L araç sürücüleri frene bastıktan kaç s sonra durur?

b) K ve L araç sürücüleri frene bastıktan duruncaya kadar kaç m yol alırlar?

c) K ve L araçlarının durdukları konum sıfır (0) kabul edilerek araçlara ait konum-zaman (x-t), hız-zaman (ϑ-t) ve ivme-zaman (a-t) grafiklerini çiziniz.

Çözüm

a) Sürücüler, aynı anda frene basıp durduklarına göre her iki aracın durması için geçen süre eşittir. Bu sebeple araçlardan birinin bilgileri kullanılarak hesaplama yapmak yeterlidir. K aracı için hesaplama yapılırsa araçların durması için geçen süre, hız denklemi kullanılarak

$\vartheta = \vartheta_0 - a \cdot t$

$0 = 10 - 2 \cdot t$

$t = 5\ s$ bulunur.

b) K aracının sürücüsü, frene bastıktan sonra duruncaya kadar aldığı yol yer değiştirme denklemi kullanılarak

$x = \vartheta_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

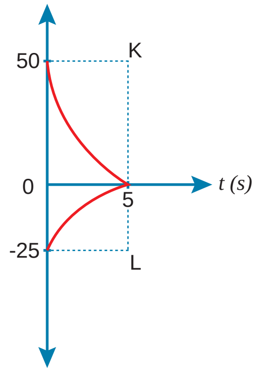
$x = 10 \cdot 5 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 5^2 = 25\ m$ bulunur.

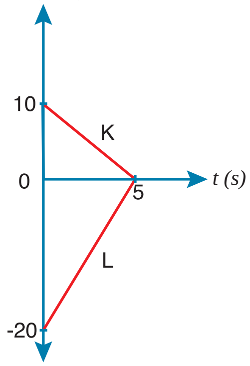
L aracının sürücüsü, frene bastıktan sonra duruncaya kadar aldığı yol yer değiştirme denklemi kullanılarak

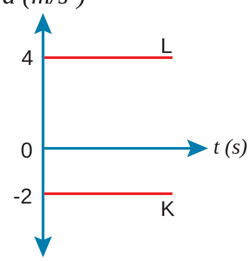
$x = \vartheta_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

$x = 20 \cdot 5 - \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 5^2 = 50\ m$ bulunur.

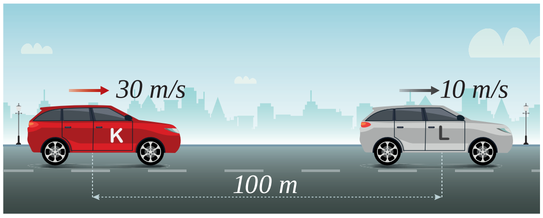
c) K ve L araçlarının durdukları konum sıfır (0) kabul edilerek çizilen grafikler aşağıdaki gibi olur.







1.34. Soru



Doğrusal bir yolda sabit hızlarla hareket eden K ve L araçlarının hız büyüklükleri sırasıyla 30 m/s ve 10 m/s'dir. K aracının sürücüsü, L aracını aralarında 100 m mesafe varken fark ederek fren yapmaktadır.

Buna göre

a) K aracının L aracına çarpmaması için yavaşlama ivmesinin en küçük değeri kaç m/s² olmalıdır?

b) K aracına ait ivme-zaman grafiğini çiziniz.

Cevap

Hareket grafiklerinde kullanılan grafik eğrisi ile yatay eksen arasındaki açı ve alan bilgileri kullanılarak işlemlerin yapılabildiği belirtilmişti. Bu amaçla Grafik 1.3'te t = 0 anında x = 0 başlangıç noktasından düzgün hızlanan doğrusal hareket yapan bir aracın hız-zaman grafiği verilmiştir. Burada grafiğin eğimi kullanılarak ivme-zaman grafiği ve alanı kullanılarak konum-zaman grafiği çizilebilir.

Aracın hareketinin sabit ivmeli olması sebebiyle eşit zaman aralıklarında hız değişimi eşittir. Hız değişimi ϑ olan aracın hız büyüklüğü t anında ϑ, 2t anında 2ϑ, 3t anında 3ϑ ve 4t anında 4ϑ şeklindedir. Grafik 1.3'te (0-t) zaman aralığında grafik doğrusunun yatay eksen ile arasındaki alan, geometrik olarak üçgendir. Bu alanın değerine x denirse

(t-2t) zaman aralığında 3x,

(2t-3t) zaman aralığında 5x,

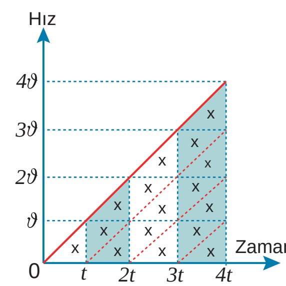
(3t-4t) zaman aralığında 7x kadar yer değiştirdiği söylenir ve konum-zaman grafiği Grafik 1.4'teki gibi çizilir. x yer değiştirme değeri

$x = \frac{\vartheta \cdot t}{2}$ bağıntısı ile hesaplanır.

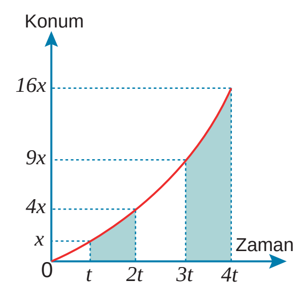
Aracın (0-4t) zaman aralığında ivme değeri değişmediği için hız-zaman grafiğinin herhangi bir anına ait

Eğim $= a = \frac{\Delta\vartheta}{\Delta t}$ bağıntısı kullanılarak

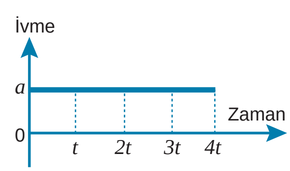
$a = \frac{(4\vartheta - 2\vartheta)}{(4t - 2t)} = \frac{\vartheta}{t}$ yazılabilir. Bu sonuca göre hareketlinin ivme-zaman grafiği çizilir (Grafik1.5).



Grafik 1.3: *Sabit ivmeli düzgün doğrusal hareket eden bir aracın hız-zaman grafiği*

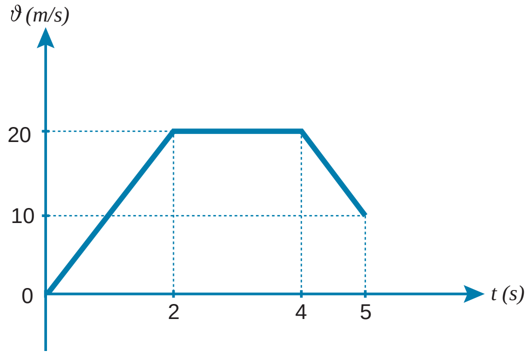


Grafik 1.4: *Sabit ivmeli düzgün doğrusal hareket eden bir aracın konum-zaman grafiği*



Grafik 1.5: *Düzgün hızlanan doğrusal hareket yapan aracın ivme-zaman grafiği*

1.31. Örnek



Doğrusal yolda hareket eden bir araca ait hız–zaman grafiği şekildeki gibidir. Araç t = 0 anında x = 0 başlangıç noktasında olduğuna göre aracın

a) İvme–zaman grafiğini çiziniz.

b) Konum–zaman grafiğini çiziniz.

Çözüm

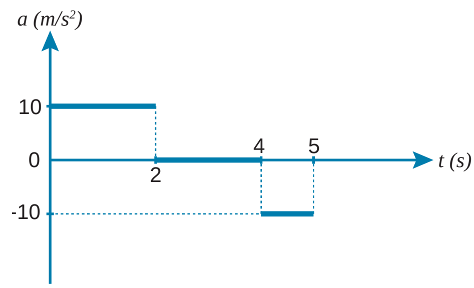
a) Aracın (0-2) s zaman aralığında ivmesinin büyüklüğü

$a = \dfrac{\Delta\vartheta}{\Delta t} = \dfrac{(20 - 0)}{2} = 10\ m/s^2$,

(2-4) s zaman aralığında ivmesi sıfır,

(4-5) s zaman aralığında ivmesinin büyüklüğü

$a = \dfrac{\Delta\vartheta}{\Delta t} = \dfrac{(10 - 20)}{1} = -10\ m/s^2$ bulunur. Bu değerler kullanılarak ivme-zaman grafiği şekildeki gibi olur.



b) Hız-zaman grafiğinin eğrilerinin altındaki I, II ve III şeklinde işaretlenen alanlar; sırasıyla üçgen, dikdörtgen ve yamuk alanlarıdır. Bu alan hesaplamaları ile yer değiştirme bulunur.

Aracın (0-2) s zaman aralığında yer değiştirmesi

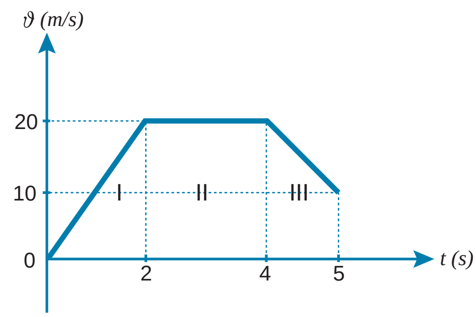
$\Delta x = \dfrac{20 \cdot 2}{2} = 20\ m$

(2-4) s zaman aralığında yer değiştirmesi

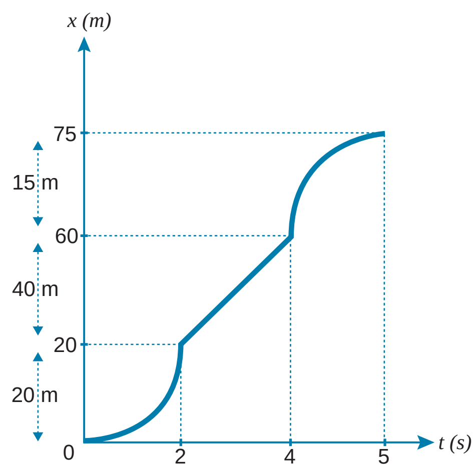
$\Delta x = 20 \cdot (4 - 2) = 40\ m$

(4-5) s zaman aralığında yer değiştirmesi

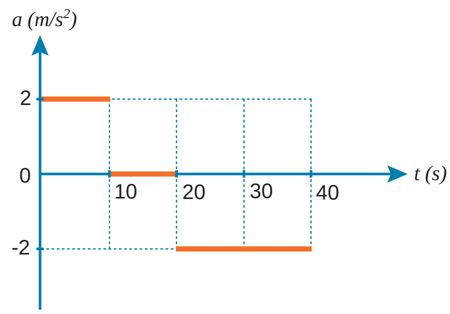
$\Delta x = \dfrac{(10 + 20) \cdot 1}{2} = 15\ m$ bulunur.



Aracın hız-zaman grafiği incelendiğinde aynı yönde hareketine devam ettiği görülmektedir. Bu değerler kullanılarak konum-zaman grafiği elde edilir. Burada konum-zaman grafiklerinde konum ekseni sayı doğrusu gibi düşünülerek yer değiştirmeler işaretlenebilir.



1.35. Soru



Doğrusal yolda durgun hâlden harekete başlayan bir araca ait ivme-zaman grafiği şekildeki gibidir.

Araç t = 0 anında x = 0 başlangıç noktasında olduğuna göre aracın

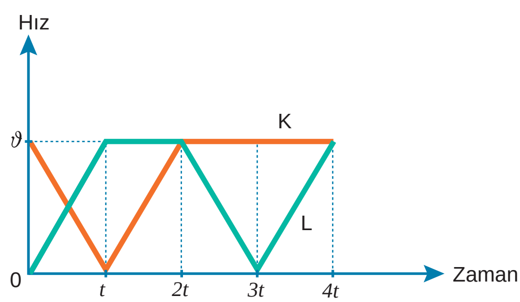
a) İvme-zaman grafiğini yorumlayınız.

b) Hız–zaman grafiğini çiziniz.

c) Konum–zaman grafiğini çiziniz.

Cevap

1.32. Örnek



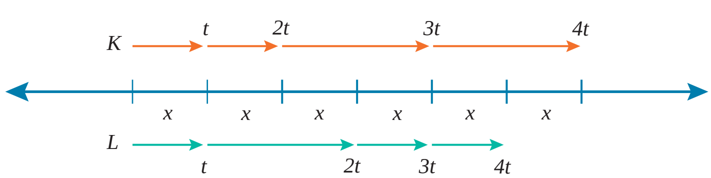
Doğrusal yolda hareket eden K ve L araçlarının hız-zaman grafiği şekildeki gibidir.

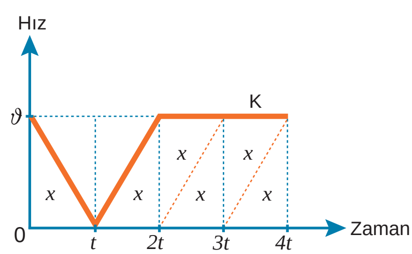
t = 0 anında araçlar aynı konumdan harekete başladıklarına göre kaç t süre sonra tekrar yan yana gelirler?

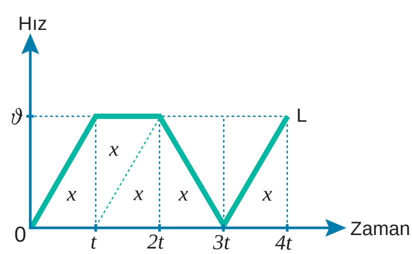
Çözüm

K aracı (0-t) zaman aralığında x, (t-2t) zaman aralığında x, (2t-3t) zaman aralığında 2x, (3t-4t) zaman aralığında 2x yer değiştirmiştir. L aracı (0-t) zaman aralığında x, (t-2t) zaman aralığında 2x, (2t-3t) zaman aralığında x, (3t-4t) zaman aralığında x yer değiştirmiştir.

Elde edilen sonuçlar kullanılarak aşağıdaki gibi bir sayı doğrusu üzerinde araçların yer değiştirmeleri gösterilebilir. Bu gösterim, araçların hangi anda hangi konumda olduklarını görmek açısından kolaylık sağlar. Buna göre K ve L araçları t ve 3t anında tekrar yan yana gelirler.





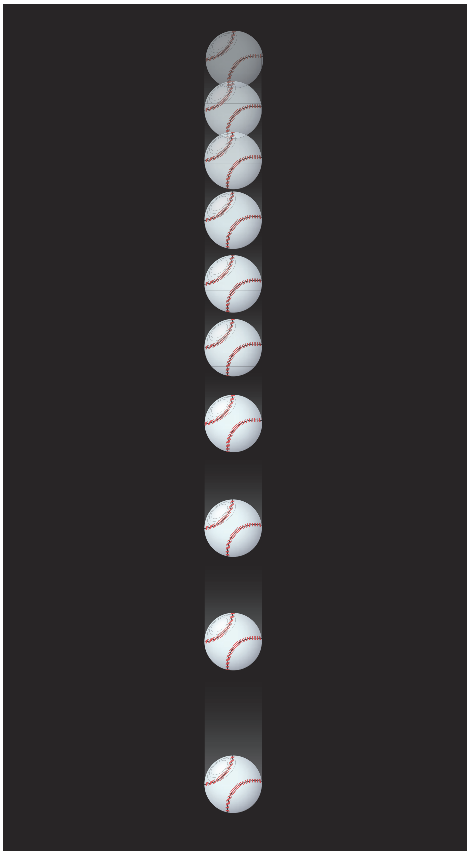


1.4.3. HAVA DİRENCİNİN İHMAL EDİLDİĞİ ORTAMDA DÜŞME HAREKETİ

Yerden yüksek bir noktadan bırakılan cisimlerin yere düştüklerini, bir topa vurulduğunda topun havalandığını, daha sonra topun tekrar yere indiğini; aşağıdan yukarıya doğru bir anahtar attığımızda anahtarın belirli bir yüksekliğe kadar çıkıp sonra geriye dönerek yere düştüğünü hepimiz biliriz. Cisimlerin havada kaldığı süre içinde farklı yörüngeler izlemelerine rağmen hepsi belirli bir süre geçtikten sonra yere düşmektedir. Bu olaylar cisimleri yerin merkezine doğru çeken bir kuvvetin varlığını göstermektedir. Cisimlere yerin uyguladığı bu kuvvete **ağırlık** denir. Enleme ve deniz seviyesinden yüksekliğe göre değişen yer çekimi ivmesi Ekvator'da 9.78 m/s^2 iken kutuplarda 9.83 m/s^2dir. Türkiye'de de belirli düzeylerde değişen yer çekimi ivmesinin maksimum değeri 9,8025 m/s^2 ile Sinop, minimum değeri ise 9,7952 m/s^2 ile Hakkâri ilinde ölçülmektedir.

Hava direncinin ihmal edildiği bir ortamda yere göre belirli bir yükseklikten serbest (ilk hızsız) bırakılan cismin yer çekimi kuvvetinin etkisiyle yaptığı harekete **serbest düşme** denir. Serbest düşme hareketinde cisim yer çekimi kuvvetinin etkisinde hızlanarak yeryüzüne düşer. Hava direncinin ihmal edildiği ortamda bir kuş tüyü ile çelik bilye aynı anda, aynı yükseklikten serbest bırakılırsa aynı anda ve aynı hızla yere çarpar. Benzer bir deneyi ay yüzeyinde astronot David Scott (Deyvit Skat) yapmıştır. Televizyonlardan seyredilen deneyde ağır bir nesne (1,32 kg alüminyum jeolojik çekiç) ve hafif bir nesne (0,03 kg şahin tüyü) yaklaşık olarak aynı yükseklikten (yaklaşık 1,6 m) aynı anda serbest bırakılmış ve yüzeye düşmesine izin verilmiştir. Eş zamanlı serbest bırakma doğruluğu için de nesnelerin aynı ivmeye maruz kaldıkları ve aynı anda ay yüzeyine çarptıkları gözlemlenmiştir.

Görsel 1.7'de belirli bir yükseklikten serbest bırakılan bir topun 0,05 s eşit zaman aralığında kaydedilmiş konumları görülmektedir. Top düştükçe bir önceki konumu ile arasındaki mesafe artmaktadır. Bu durum, topun hızının sürekli arttığını ve bir ivmesinin olduğunu göstermektedir.



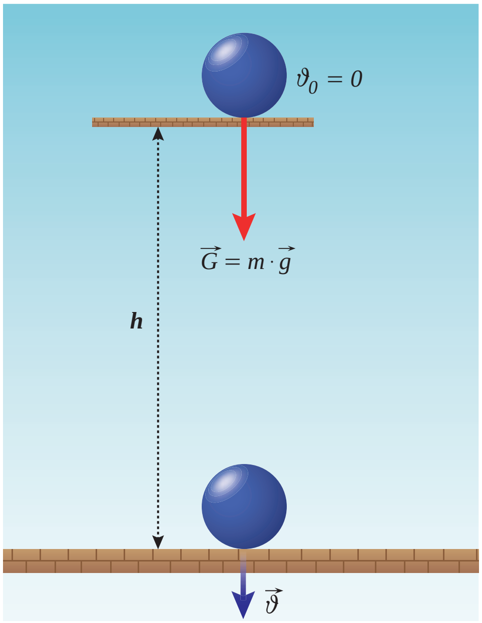
Görsel 1.7: *Serbest bırakılan bir topun eşit zaman aralığındaki konumları*

Hava direncinin ihmal edildiği bir ortamda serbest düşme hareketi yapan cisme etki eden net kuvvet, cismin ağırlığına eşit olacağı için cisim düşey düzlemde

$\vec{F}_{net} = m \cdot \vec{a}$

$m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a}$

$g = a$ büyüklüğündeki ivmeyle düzgün hızlanan hareket yapmaktadır. Şekil 1.31'deki gibi hava direncinin ihmal edildiği bir ortamda serbest düşme hareketi yapan cisme ait hız, yer değiştirme ve zamansız hız denklemleri Tablo 1.5'te verilmiştir.

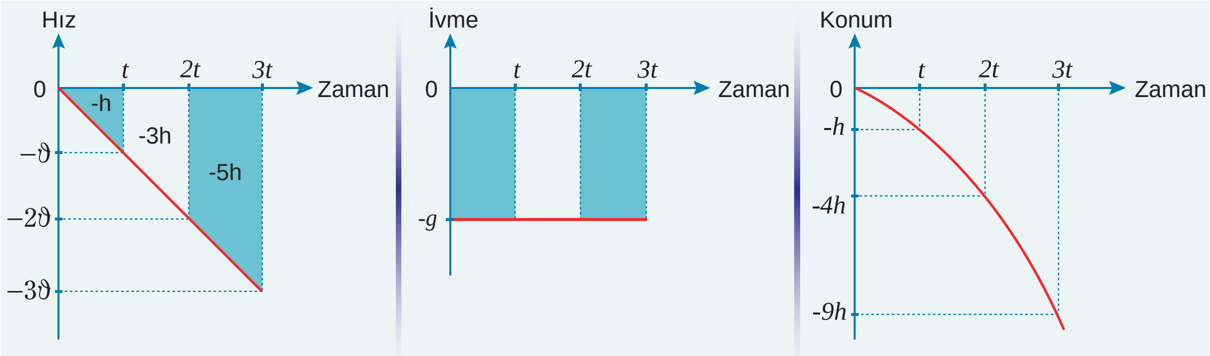


Şekil 1.31: *Serbest düşme hareketi yapan bir cisim*

Tablo 1.5: *Serbest Bırakılan Cismin Hareket Denklemleri*

Hız Denklemi	$\vartheta = g \cdot t$
Yer Değiştirme Denklemi	$h = \frac{1}{2} g \cdot t^2$
Zamansız Hız Denklemi	$\vartheta^2 = 2g \cdot h$

Bu cismin hareket yönü negatif seçilerek oluşturulan grafikler, Grafik 1.6'da verilmiştir. Hava direncinin ihmal edildiği bir ortamda serbest düşme hareketi yapan cismin hareket denklemleri ve grafikleri incelendiğinde bu denklemler ve grafiklerin negatif yönde düzgün hızlanan hareket ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. Düzgün hızlanan harekette olduğu gibi işlemler ve grafik dönüşümleri, hareket denklemleri ya da grafiklerin eğim ve alan bilgileri kullanılarak yapılabilir.



a) *Hız-zaman grafiği* ***b)*** *İvme-zaman grafiği* ***c)*** *Konum-zaman grafiği*

Grafik 1.6: *Serbest düşme hareketi yapan cisme ait grafikler*

1.33. Örnek

Hava direncinin ihmal edildiği ortamda bir cisim 125 m yüksekliğe sahip binadan serbest düşmeye bırakılmaktadır.

Buna göre

a) Cisim yere kaç s'de düşer?

b) Cisim kaç m/s büyüklüğündeki hızla yere çarpar? *($g = 10\ m/s^2$ alınız.)*

Çözüm

a) Serbest düşmeye bırakılan bir cisim için yer değiştirme denklemi kullanılarak yere düşene kadar geçen süre

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$125 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2$$

$t = 5\ s$ bulunur.

b) Cismin yere çarpma hızı

$$\vartheta = g \cdot t$$

$\vartheta = 10 \cdot 5 = 50\ m/s$ olur.

1.36. Soru

Hava direncinin ihmal edildiği bir ortamda bir bilye h yüksekliğinden serbest bırakıldığında 60 m/s hızla yere çarpıyor.

Buna göre

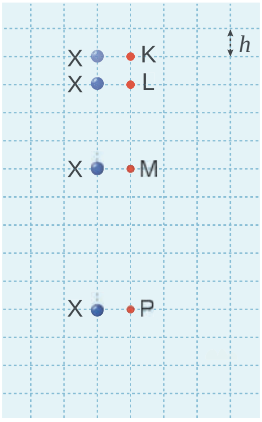
a) Bilye kaç saniyede yere çarpar?

b) Bilyenin bırakıldığı h yüksekliği kaç m'dir?

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Cevap

1.34. Örnek



Şekildeki X cismi hava direncinin ihmal edildiği bir ortamda K noktasından serbest düşmeye bırakılmaktadır. X cismi eşit zaman aralıklarında L, M ve P noktalarından geçmektedir.

Buna göre X cisminin L, M ve P noktasındaki hızlarının büyüklüğünü karşılaştırınız.

Çözüm

Birimler sayıldığında IKLI = h, IKMI = 4h ve IKPI = 9h yüksekliktedir. Zamansız hız denklemi $\vartheta^2 = 2 \cdot g \cdot h$ kullanılarak cismin L, M ve P noktasındaki hızının büyüklüğü bulunur.

L noktası için

$\vartheta_L^2 = 2 \cdot g \cdot h$

$\vartheta_L = \vartheta$ ise M noktası için

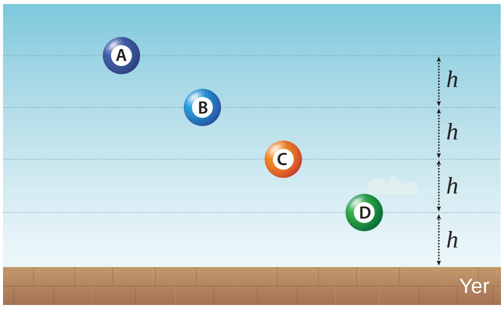
$\vartheta_M^2 = 2 \cdot g \cdot 4h$

$\vartheta_M = 2\vartheta, P$ noktası için

$\vartheta_P^2 = 2 \cdot g \cdot 9h$

$\vartheta_P = 3\vartheta$ olur.

1.37. Soru



A, B, C ve D cisimleri hava sürtünmesinin ihmal edildiği ortamda şekildeki yüksekliklerden serbest bırakılıyor. A cisminin yere düşme süresi t ve yere çarpma hızı ϑ 'dir.

B, C ve D cisimlerinin yere düşme sürelerini t, yere çarpma hızlarını ϑ cinsinden bulunuz.

Cevap

1.35. Örnek

Hava sürtünmesinin ihmal edildiği ortamda bir cisim 45 m yükseklikten serbest bırakılıyor.
Serbest bırakıldığı andan itibaren cismin her saniye sonundaki hız büyüklüğünü ve 1 s'lik zaman aralıklarında aldığı yolu bulunuz.
($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Çözüm

Cismin serbest bırakıldığı andan itibaren her saniye sonundaki hız büyüklüğü

$\vartheta = g \cdot t$ hız denklemi kullanılarak

$\vartheta_1 = 10 \cdot 1 = 10\ m/s$

$\vartheta_2 = 10 \cdot 2 = 20\ m/s$

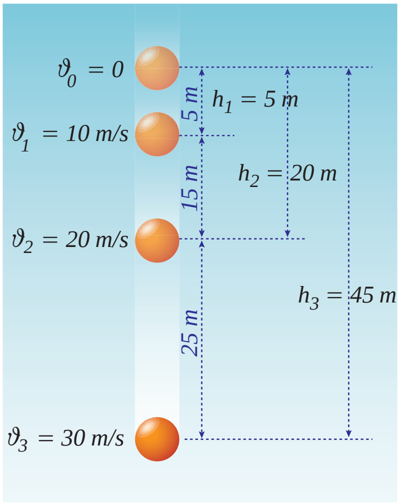
$\vartheta_3 = 10 \cdot 3 = 30\ m/s$ bulunur. Cismin aldığı yol

$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ yer değiştirme denklemi kullanılarak

$h_1 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 1^2 = 5\ m$

$h_2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 2^2 = 20\ m$

$h_3 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 3^2 = 45\ m$ bulunur. Bu sonuçlara göre cisim serbest bırakıldığı andan itibaren 1 s'lik zaman aralıklarında sırasıyla 5, 15 ve 25 m yol almıştır.



1.38. Soru

Bir cisim, hava direncinin ihmal edildiği bir ortamda 80 m yükseklikten serbest düşmeye bırakılıyor.
Buna göre

a) Cismin yere düşme süresi kaç saniyedir?

b) Cismin 2. s'deki hızı kaç m/s'dir?

Cevap

1.36. Örnek

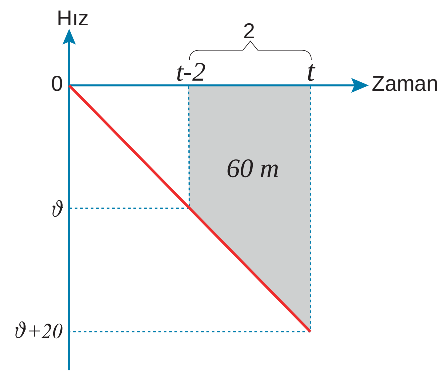
Hava direncinin ihmal edildiği ortamda serbest düşmeye bırakılan bir cisim, hareketinin son iki saniyesinde 60 m yol alarak yere çarpıyor.

Buna göre cisim kaç metre yükseklikten serbest bırakılmıştır?

(g = 10 m/s² alınız.)

Çözüm

Serbest bırakılan cismin hız-zaman grafiği şekildeki gibi çizilir. Grafikte görülen taralı bölge, cismin son iki saniyede aldığı yoldur. Cisim t-2 anındaki hızı ϑ ise t anında hızı 20 m/s artacağından ϑ+20 olur. Bu durumda grafikteki taralı bölgenin alan bağıntısı kullanılarak



$60 = \frac{(\vartheta + \vartheta + 20)}{2} \cdot 2$'dir. Buradan

$\vartheta = 20\ m/s$ bulunur. Bu durumda t anında hızı 40 m/s olur.

Cismin yere düşme süresi

$\vartheta = g \cdot t$

$40 = 10 \cdot t$

$t = 4\ s$ bulunur.

Cismin serbest bırakıldığı yükseklik

$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 4^2 = 80\ m$ bulunur.

1.39. Soru

Hava direncinin ihmal edildiği ortamda 125 m yükseklikten serbest düşmeye bırakılan cisim bir süre sonra yere çarpıyor.

Buna göre

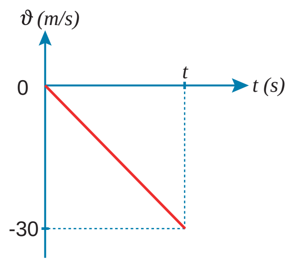
a) Cisim yere çarpmadan son 2 s'de kaç m yol almıştır?

b) Cismin yere çarpma hızı kaç m/s'dir?

(g = 10 m/s² alınız.)

Cevap

1.37. Örnek



Hava direncinin ihmal edildiği bir ortamda yerden belli bir yükseklikten serbest düşmeye bırakılan cismin hız-zaman grafiği şekildeki gibidir. Cisim 30 m/s hız büyüklüğü ile yere çarptığına göre

a) Cisim yerden kaç metre yükseklikten serbest bırakılmıştır?

b) Cisme ait konum-zaman grafiğini çiziniz. *(g = 10 m/s2 alınız.)*

Çözüm

a) Cismin yere düşme süresi

$\vartheta = g \cdot t$

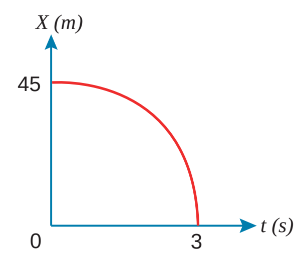
$30 = 10 \cdot t$

$t = 3\ s$ bulunur.

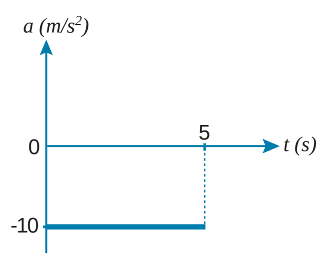
Cismin serbest bırakıldığı yükseklik

$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 3^2 = 45\ m$ bulunur.

b) Elde edilen verilere göre cismin konum-zaman grafiği şekildeki gibi çizilir.



1.40. Soru



Hava direncinin ihmal edildiği bir ortamda serbest düşmeye bırakılan cisme ait ivme-zaman grafiği şekildeki gibidir. Cisim 5 saniyede yere düştüğüne göre

a) Cismin yere çarpma hızının büyüklüğü kaç m/s olur?

b) Cisme ait hız-zaman ve konum-zaman grafiğini çiziniz.

Cevap

1.4.4. DÜŞEN CİSİMLERE ETKİ EDEN HAVA DİRENÇ KUVVETİ

Hava sürtünmesinin ihmal edildiği ortamda aynı yükseklikten ve aynı anda serbest bırakılan cisimler, farklı kütle ya da kesit alanlarına sahip olsalar bile yan yana hareket eder. Ancak bu cisimler akışkan bir ortam içinde serbest bırakılırlarsa yan yana hareket etmez. Cisim böyle bir ortamda hareketine zıt yönde bir direnç kuvveti ile karşılaşır. Cismin bulunduğu ortam hava ise karşılaşılan bu direnç kuvvetine **hava direnç kuvveti** denir.

2. ETKİNLİK

Etkinlik Adı	***DÜŞEN CİSİMLERE ETKİ EDEN HAVA DİRENÇ KUVVETİNİN BAĞLI OLDUĞU DEĞİŞKENLER***	*30 dk.*
Amacı	*Hava direnç kuvvetinin bağlı olduğu değişkenleri analiz edebilme.*	*Bireysel etkinlik*
Araç Gereç	*2 adet A4 kâğıdı, 2 adet özdeş kapaklı plastik şeffaf şişe, 2 adet özdeş bilye, su*	

Yönerge: *Aşağıdaki adımları sırayla uygulayarak değerlendirme sorularını cevaplayınız.*

1. adım: A4 kâğıtlarından birini buruşturarak top hâline getiriniz, diğerini düz şekilde bırakınız.

2. adım: İki kâğıdı aynı yükseklikten aynı anda serbest düşmeye bırakınız ve kâğıtların düşme süreleri arasındaki farklılıkları gözlemleyiniz.

3. adım: Şişelerden birinin tamamını, diğerinin yarısını su ile doldurunuz ve şişelerin kapaklarını kapatınız.

4. adım: İki şişeyi tabanı yere doğru olacak şekilde aynı yükseklikten, aynı anda serbest düşmeye bırakınız ve şişelerin yere düşme süreleri arasındaki farklılıkları gözlemleyiniz.

5. adım: Su dolu şişenin kapağını açarak bu hâliyle şişeyi düz bir zemine bırakınız.

6. adım: Bilyelerden birini dolu şişenin ağzından içine doğru, diğerini dışında olacak şekilde ağız hizasından aynı anda serbest düşmeye bırakınız. İki bilyenin yere düşme süreleri arasındaki farklılıkları gözlemleyiniz.

Değerlendirme

1. Kâğıtların düz ve buruşturulmuş olarak serbest düşmeye bırakılması, yere düşme sürelerini nasıl etkilemiştir? Açıklayınız.

....
....
....
....

2. Yarısı ve tamamı su ile dolu olan şişelerden hangisi daha önce yere düşmüştür? Açıklayınız.

....
....
....
....

3. Bilyenin suyun içinde ve dışında olması yere düşme süresini nasıl etkilemiştir? Açıklayınız.

....
....
....
....

4. Bu etkinliğin sonucunda öğrendiklerinizi günlük hayatınıza nasıl aktarırdınız? Açıklayınız.

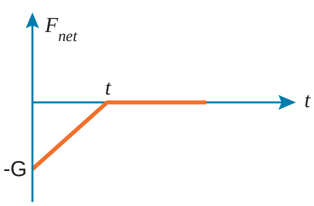
....
....
....
....

Cisme uygulanan hava direnç kuvvetinin büyüklüğü, cismin hareket doğrultusuna dik olan kesit alanı ile doğru orantılıdır. Temas yüzeyi arttıkça cisme çarpan tanecik sayısı artacağından direnç kuvveti de artar. Hava direnç kuvveti cismin geometrik şekline bağlı olarak değişir. Hava direnç kuvveti ayrıca ortamın direnç katsayısı ile de doğru orantılıdır. Ortamın direnç katsayısı, akışkanın cinsine bağlı olan bir katsayıdır. Hava direnç kuvvetinin büyüklüğü aynı zamanda cismin hızının karesiyle doğru orantılıdır. Buna göre hava veya akışkanın direnç kuvveti

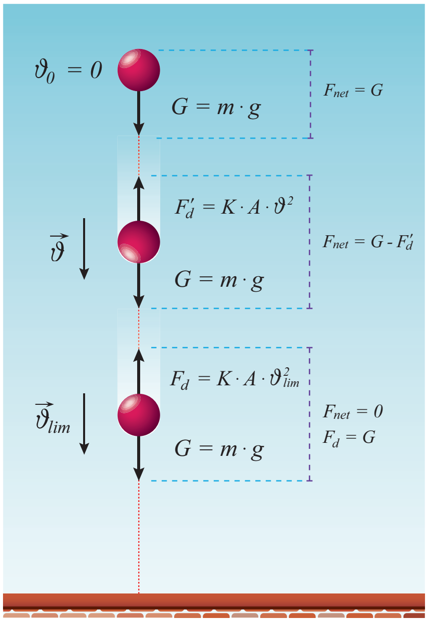
$F_d = K \cdot A \cdot \vartheta^2$ bağıntısıyla bulunur. Burada F_d akışkanın direnç kuvvetini, K ortamın direnç katsayısını, A cismin hareket doğrultusuna dik olan kesit alanını ve ϑ cismin akışkana göre hızını ifade etmektedir.

1.4.5. LİMİT HIZ

Hava ortamında yüksek bir noktadan ilk hızsız bırakıldığı anda cisme etki eden direnç kuvveti sıfırdır (Şekil 1.32). Cismin hızı arttıkça direnç kuvveti de artar. Cisme etki eden net kuvvet için $F_{net} = G - F_d$ yazılabilir. Bir süre sonra cismin hızı arttığından hava direnç kuvvetinin ve cismin ağırlığının büyüklüğü eşitlenir $F_d = G$. Bu eşitlik oluştuğu anda cisme etki eden net kuvvet sıfır olur (Grafik 1.7). Cisim bundan sonra sabit hızla hareket eder. Bu sabit hıza **limit hız** (ϑ_{lim}) denir.



Grafik 1.7: *Yüksek bir yerden serbest bırakılan cisme etki eden net kuvvet- zaman grafiği*



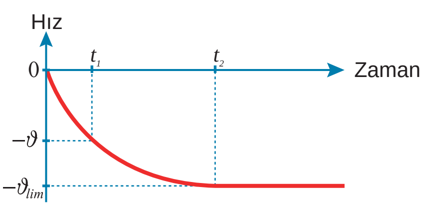
Şekil 1.32: *Yüksek bir yerden serbest bırakılan cisme etki eden hava direnç kuvveti*

Limit hızın büyüklüğü

$$F_d = G \Longrightarrow K \cdot A \cdot \vartheta_{lim}{}^2 = m \cdot g \Longrightarrow \vartheta_{lim}{}^2 = \frac{m \cdot g}{K \cdot A} \Longrightarrow \vartheta_{lim} = \sqrt{\frac{m \cdot g}{K \cdot A}}$$ olur.

Hava ortamındaki bir cismin limit hıza ulaşması için cisim yeterli yükseklikten ilk hızsız bırakılırsa limit hıza ulaşıncaya kadar sürekli hızlanır ve cisme ait hız-zaman grafiği Grafik 1.8'deki gibi olur.

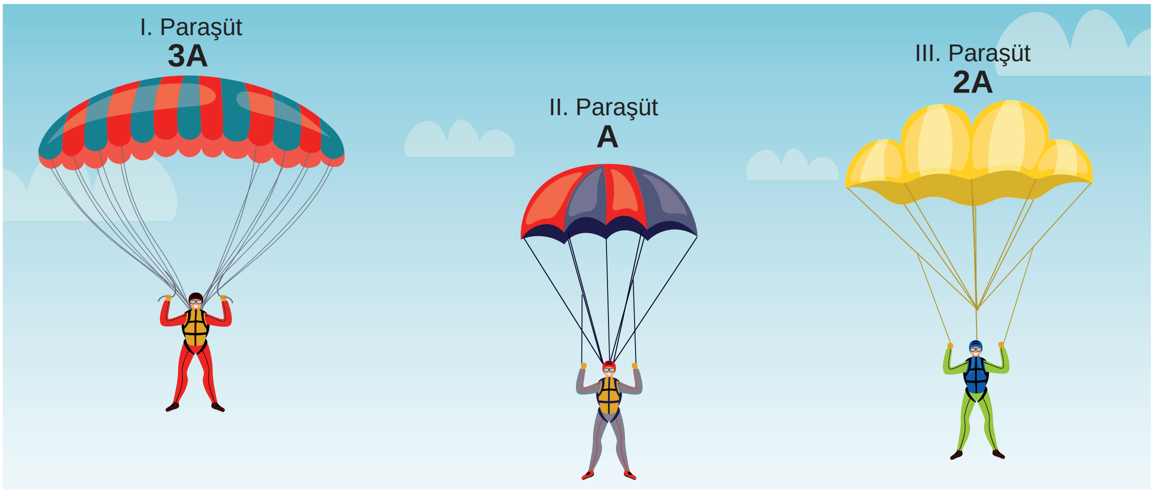
Limit hız, günlük hayatta büyük öneme sahiptir. Limit hız olmasaydı yağmur damlaları veya kar taneleri temas ettiği yüzeylere zarar verirdi. Uçaktan paraşütle atlama imkânı olmazdı.



Grafik 1.8: *Hava direncinin olduğu ortamda yüksekten bırakılan cismin hız-zaman grafiği*

Konu ile ilgili video için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

1.38. Örnek



Yamaç paraşütü sporu yapan eşit kütleli üç sporcu, farklı yüzey alanına sahip eşit kütlede paraşütler tercih etmiştir. Aynı yükseklikten atlayan sporcuların atlama anında paraşütleri açıktır.

Buna göre

a) En fazla hava direncine hangi sporcu maruz kalır?

b) Sporculardan hangisi daha önce yere iner? *(Sporcuların vücut yüzey alanlarını ihmal ediniz.)*

Çözüm

a) Sporculara etki eden hava direnci, paraşütün yüzey alanına ve içinde bulunduğu ortamın cinsine bağlı olarak değişir. Paraşütler aynı ortamda ve eşit kütleli olduğu için hava direncini etkileyen tek değişken, paraşütlerin yüzey alanıdır. Yüzey alanı büyük olduğu için I. paraşüte daha fazla hava direnci etki eder.

b) Yüzey alanı küçük olan paraşüt daha geç limit hıza ulaşır. Bu nedenle II. paraşüt daha önce yere iner.

1.41. Soru

Bir cisim yeterince yüksek bir noktadan serbest bırakılıyor ve cismin limit hız değeri ölçülüyor. Cisim aynı yükseklikten hareketine dik olan yüzeyi iki katına çıkarılıp kütlesi yarıya indirilerek bırakıldığında limit hız değeri tekrar ölçülüyor. Cisme ait limit hız değerlerinin ilk ve son ölçümleri sonucunda elde edilen değerler karşılaştırılıyor.

Buna göre ölçümleri yapan kişi hangi sonuçlara ulaşabilir?

Cevap

1.4.6. DÜŞEY ATIŞ HAREKETİ

A) Düşey Doğrultuda Yukarıdan Aşağıya Düşey Atış Hareketi

Aynı konumda topu yerden sektirmek isteyen bir basketbolcu topa düşey, aşağıya doğru bir kuvvet uygular (Görsel 1.8). Bu kuvvetin ve topun ağırlığının etkisiyle top ivmelenir ve hızlanır. Hava direnci ihmal edilirse basketbolcunun elinden topun ilk hızla ayrıldığı andan yere çarpana kadar geçen süreçte yaptığı hareket, yukarıdan aşağıya doğru düşey atış hareketine örnek verilebilir.

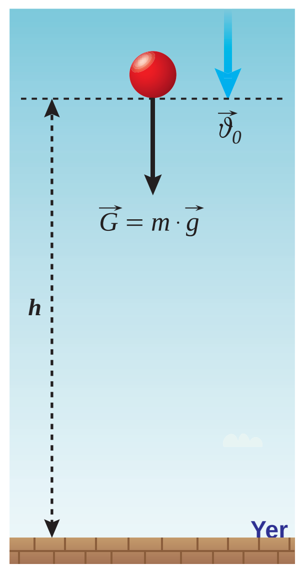


***Görsel 1.8:** Düşey doğrultuda topu yere doğru fırlatan basketbolcu*

Yerden h kadar yüksekteki bir cismin hava direncinin ihmal edildiği bir ortamda $\vec{\vartheta}_0$ düşey hızıyla aşağıya doğru düşerken yaptığı harekete **düşey doğrultuda yukarıdan aşağıya atış hareketi** denir (Şekil 1.33). Bu harekete ait hareket denklemleri Tablo 1.6'daki gibidir. Denklemlerde t cismin hareket süresini (havada kalma süresi) ve $\vec{\vartheta}$ cismin t anındaki hızını ifade etmektedir.

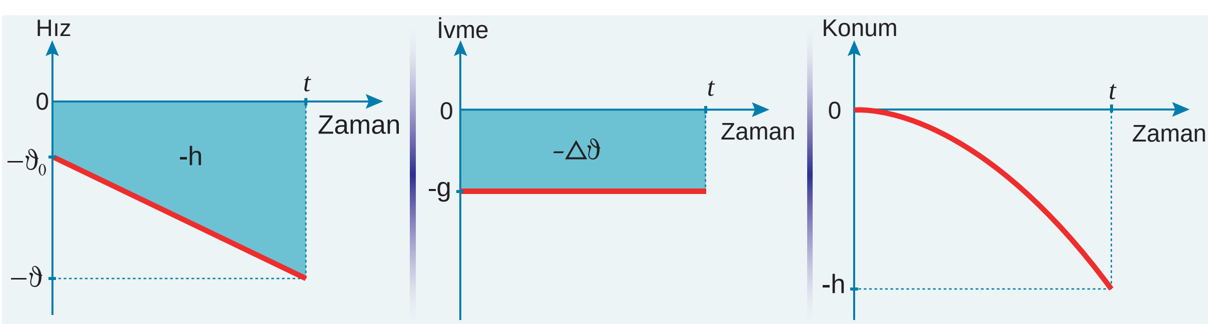
***Tablo 1.6:** Yukarıdan Aşağıya Doğru Düşey Atış Hareketi Yapan Cismin Hareket Denklemleri*

Hız Denklemi	$\vartheta = \vartheta_0 + g \cdot t$
Yer Değiştirme Denklemi	$h = \vartheta_0 \cdot t + \frac{1}{2} g \cdot t^2$
Zamansız Hız Denklemi	$\vartheta^2 = \vartheta_0^2 + 2g \cdot h$



***Şekil 1.33:** Düşey doğrultuda yukarıdan aşağıya atış hareketi yapan cisim*

Cismin h yüksekliğinden düşerken aşağı doğru olan hareket yönü negatif (-) yön kabul edilirse cismin hareketine ait grafikler Grafik 1.9'daki gibi olur.



a) Hız-zaman grafiği *b) İvme-zaman grafiği* *c) Konum-zaman grafiği*

***Grafik 1.9:** Düşey doğrultuda yukarıdan aşağıya atış hareketi grafikleri*

1.39. Örnek

Hava sürtünmelerinin ihmal edildiği bir ortamda yerden h kadar yükseklikten düşey doğrultuda aşağıya 10 m/s büyüklüğünde hızla atılan cisim, yere 70 m/s büyüklüğünde hızla çarpmaktadır.

Buna göre

a) Cismin havada kalma süresi kaç saniyedir?

b) Cismin atıldığı anda yerden yüksekliği kaç metredir?

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Çözüm

a) **1. Yol**

Cismin yere düşme süresi

$\vartheta = \vartheta_0 + g \cdot t$

$70 = 10 + 10 \cdot t$

$t = 6\ s$ olarak bulunur.

2. Yol

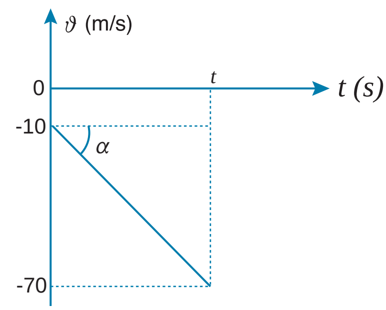
Cismin hareketine ait hız-zaman grafiği çizilir.

Grafiğin eğimi cismin ivmesini vereceğinden

$\tan\alpha = -g = \dfrac{\Delta\vartheta}{\Delta t}$

$-10 = \dfrac{-70 - (-10)}{t}$

$t = 6\ s$ olarak bulunur.



b) **1. Yol**

$\vartheta^2 = \vartheta_0^2 + 2 \cdot g \cdot h$

$70^2 = 10^2 + 2 \cdot 10 \cdot h$

$h = 240\ m$ olarak bulunur.

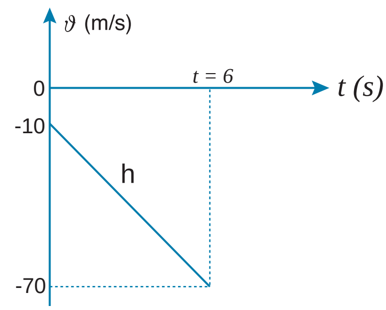
2. Yol

Cismin hareketine ait hız-zaman grafiği çizilir.

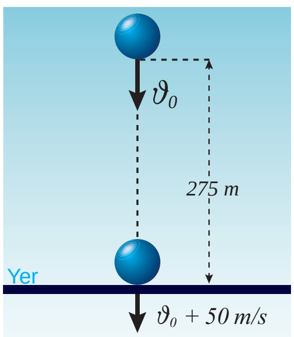
Grafiğin alanı yer değiştirmenin büyüklüğünü (h) vereceğinden

$h = \dfrac{(10 + 70) \cdot 6}{2} \Rightarrow h = 240\ m$

olarak bulunur.



1.42. Soru



Hava sürtünmesinin ihmal edildiği ortamda yerden 275 m yükseklikten düşey doğrultuda aşağıya ϑ_0 ilk hızı ile atılan cisim yere $(\vartheta_0 + 50\ m/s)$ hızla çarpmaktadır.

Buna göre

a) Cisim atıldıktan kaç s sonra yere çarpmıştır?

b) Cismin ilk hızı (ϑ_0) kaç m/s'dir?

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Cevap

B) Düşey Doğrultuda Aşağıdan Yukarıya Atış Hareketi

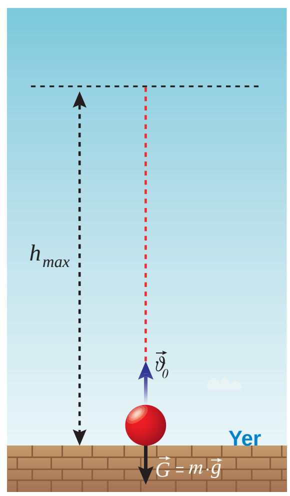
Basketbol müsabakalarında oyunu başlatmak için sahanın orta yuvarlağında hakem tarafından hava atışı yapılır. Hava atışında rakip iki oyuncu, kendi savundukları pota tarafında olacak şekilde orta yuvarlaktaki yerini alır. Hakem, topu sahanın ortasına doğru eliyle uzatır ve topa kuvvet uygulayarak düşey doğrultuda aşağıdan yukarıya atar (Görsel 1.9). Orta sahadaki iki oyuncu, kurallar gereği topu tutamaz ancak sıçrayarak topu eliyle kendi sahasına doğru yönlendirebilir. Doğru zamanlamayla daha yükseğe sıçrayan basketbolcu, topu takım arkadaşlarına kazandırır ve takımı oyundaki ilk hücum şansını yakalar. Hakemin yaptığı hava atışı, düşey doğrultuda aşağıdan yukarıya atış hareketine örnek gösterilebilir.



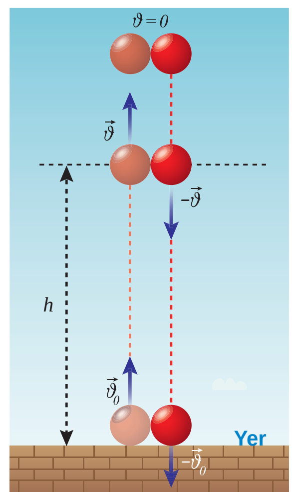
Görsel 1.9: *Hava atışı yaparak oyunu başlatan hakem ve topu çelmeye çalışan basketbolcular*

Hava direncinin ihmal edildiği ortamda yerden düşey doğrultuda yukarıya $\vec{\vartheta}_0$ hızıyla atılan cismin yaptığı harekete **düşey doğrultuda aşağıdan yukarıya atış hareketi** denir (Şekil 1.34). Bu harekette cisme etki eden net kuvvet yine cismin ağırlığı, yer çekimi kuvvetidir. Cisim yer çekimi ivmesinin etkisiyle düzgün olarak yavaşlar ve çıkabileceği en büyük yüksekliğe ulaşarak anlık olarak durur. Cismin çıkabileceği en büyük yüksekliğe **maksimum yükseklik** (h_{max}) denir.

Maksimum yüksekliğe ulaşan cisim, yer çekimi ivmesinin etkisiyle serbest düşme hareketi yapar. Yer çekimi ivmesiyle düzgün olarak hızlanan cisim, aynı yükseklik seviyelerinden eşit büyüklükteki hızlarla ve ters yönde geçerek $-\vec{\vartheta}_0$ hızıyla yere çarpar (Şekil 1.35). Burada cismin aşağıdan yukarıya atış hareketi iniş ve çıkışta aynı eksen üzerinde gerçekleşmektedir. Ancak hareketin daha iyi anlaşılabilmesi için şekillerde iniş ve çıkış yan yana çizilmiştir.



Şekil 1.34: *Düşey doğrultuda aşağıdan yukarıya atış hareketi yapan cisim*



Şekil 1.35: *Düşey doğrultuda aşağıdan yukarıya atış hareketi yapan cismin aynı yükseklikte sahip olduğu hızları*

Hava direncinin ihmal edildiği ortamda cismin atıldığı yerden maksimum yüksekliğe çıkış süresi $t_ç$, maksimum yükseklikten atıldığı yere iniş süresi t_i ve uçuş süresi t_u olarak alındığında $t_ç = t_i$ olduğundan

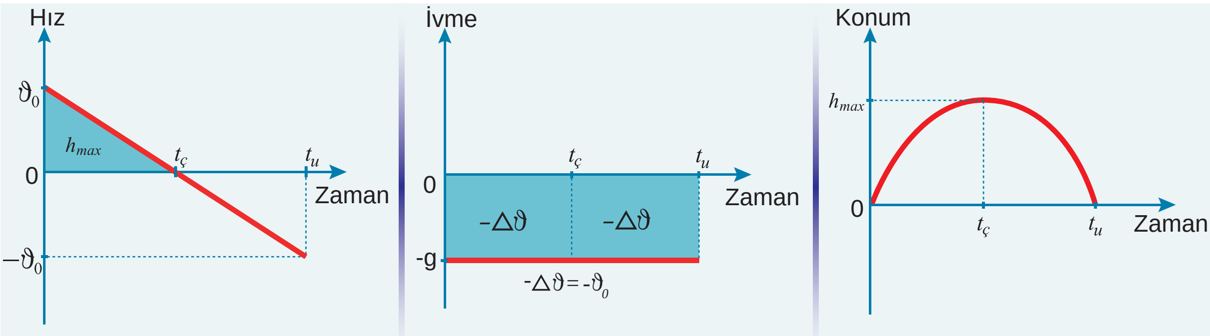
$$t_u = 2t_ç = 2t_i \text{ olur.}$$

Cismin hareketine ait denklemler Tablo 1.7'deki gibidir. Burada t cismin hareket süresini ve $\vec{\vartheta}$ cismin t anındaki hızını temsil etmektedir.

Tablo 1.7: *Düşey Doğrultuda Aşağıdan Yukarıya Atış Hareketi Yapan Cismin Hareket Denklemleri*

Hız Denklemi	$\vartheta = \vartheta_0 - g \cdot t$
Yer Değiştirme Denklemi	$h = \vartheta_0 \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2$
Zamansız Hız Denklemi	$\vartheta^2 = \vartheta_0^2 - 2g \cdot h$
Çıkış Süresi	$t_ç = \frac{\vartheta_0}{g}$
Maksimum Yükseklik	$h_{max} = \frac{\vartheta_0^2}{2g}$

Hava direncinin ihmal edildiği ortamda cismin h_{max} yüksekliğine çıkarken yukarı doğru olan hareket yönü pozitif (+) yön ve serbest düşerken aşağıya doğru olan hareket yönü negatif (-) yön olarak kabul edilirse cismin hareketine ait grafikler Grafik 1.10'daki gibi olur.



a) Hız-zaman grafiği b) İvme-zaman grafiği c) Konum-zaman grafiği

Grafik 1.10: *Düşey doğrultuda aşağıdan yukarıya atış hareketi grafikleri*

1.40. Örnek

Hava sürtünmesinin ihmal edildiği ortamda düşey doğrultuda aşağıdan yukarıya 40 m/s hız büyüklüğü ile bir cisim atılmıştır.

Buna göre cismin

a) Çıkış süresi ve uçuş süresi kaç s olur?
b) Çıkabileceği maksimum yükseklik kaç m'dir?
c) Atıldıktan 6 s sonra hız büyüklüğü kaç m/s'dir?
ç) Zamana bağlı hareketini çizerek gösteriniz.

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Çözüm

a) Cismin çıkış süresi

$\vartheta = \vartheta_0 - g \cdot t_ç$

$0 = 40 - 10 \cdot t_ç$

$t_ç = 4\ s$ bulunur.

$t_u = 2 \cdot t_ç$

olduğundan $t_u = 8\ s$ olur.

b) Cismin maksimum yüksekliği

$h_{max} = \vartheta_0 \cdot t_ç - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_ç^2$

$h_{max} = 40 \cdot 4 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 4^2$

$h_{max} = 80\ m$ olarak bulunur.

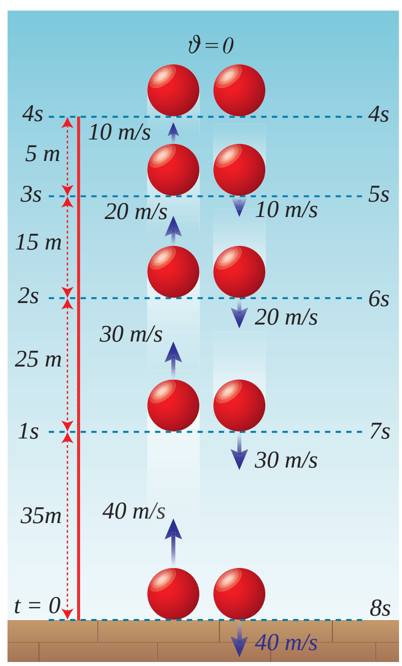
c) Cismin atıldıktan 6 s sonra hızının büyüklüğü

$\vartheta = \vartheta_0 - g \cdot t$

$\vartheta = 40 - 10 \cdot 6$

$\vartheta = -20\ m/s$ olur. Buradaki (-) işareti cismin atıldığı hıza ters yönde bir hızı olduğunu gösterir.

ç) Cismin zamana bağlı hareketi şekildeki gibidir.



1.43. Soru

Hava sürtünmesinin ihmal edildiği ortamda yerden düşey doğrultuda yukarıya 70 m/s hız büyüklüğü ile atılan cismin

a) Çıkış süresi ile uçuş süresi kaç s'dir?

b) Ulaştığı maksimum yükseklik kaç m'dir?

c) Atıldıktan 10 s sonra hız büyüklüğü kaç m/s'dir?

ç) 6. s'de aldığı yol kaç m olur?

Cevap

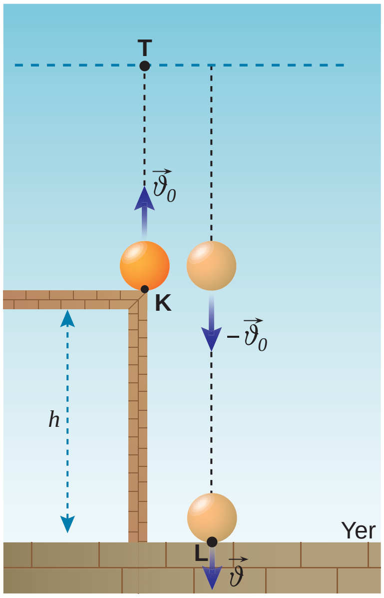
Şekil 1.36'da hava direncinin ihmal edildiği ortamda yerden h kadar yüksekteki K noktasından $\vec{\vartheta}_0$ hızıyla düşey doğrultuda yukarıya atış hareketi yapan bir cisim verilmiştir. Cisim maksimum yüksekliğe (T noktası) çıkar. Daha sonra serbest düşme hareketi yaparak atıldığı nokta olan K noktasından $-\vec{\vartheta}_0$ hızıyla geçerek L noktasına $-\vec{\vartheta}$ hızıyla çarpar.

h yüksekliğini veren hareket denklemi

$h = \vartheta_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ olur.

Bu denklem kullanıldığında cismin belli bir yükseklikten atılmasının sonucu h ifadesi negatif çıkacaktır. Bu duruma vektörel olarak bakıldığında K referans noktasından atılan cisim, L noktasına ulaştığında düşey aşağı yön, negatif yön kabul edildiğinde cismin yer değiştirmesi –h olur. Yer değiştirme büyüklük olarak ele alındığından denklemde elde edilen sonuçtan (–) kaldırılır ve pozitif olarak kabul edilir veya denklem

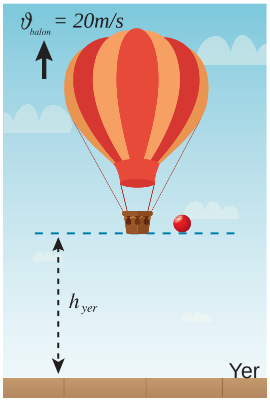
$-h = \vartheta_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ olarak kullanılır ve sonucun pozitif çıkması sağlanır.



Şekil 1.36: *Yerden h kadar yüksekte aşağıdan yukarıya doğru düşey atış hareketi*

Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

1.41. Örnek



Hava direncinin ihmal edildiği bir ortamda yerden düşey doğrultuda yukarıya 20 m/s sabit süratle yükselmekte olan hava balonundan balona göre ilk hızsız olarak bırakılan noktasal bir cisim, 7 s'de yere düşmektedir.

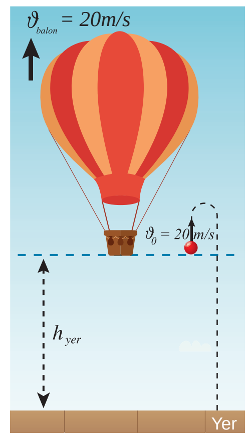
Buna göre

a) Cisim serbest bırakıldığında balonun yerden yüksekliği h_{yer} kaç metredir?

b) Cisim yere çarptığı anda balonla arasındaki uzaklık kaç metredir?

(g =10 m/s² alınız.)

Çözüm



20 m/s sabit süratle yükselmekte olan hava balonundan balona göre serbest bırakılan cisim, yere göre 20 m/s hızla düşey yukarıya doğru hareket eder.

a) Cismin yerden yüksekliği h_{yer}

$$-h = \vartheta_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$-h_{yer} = 20 \cdot 7 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 49$$

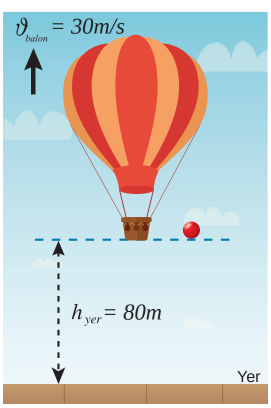
$h_{yer} = 105\ m$ bulunur.

b) Cisim yere çarptığı anda balonla arasındaki uzaklığı bulmak için balonun 7 s'de aldığı yol (x) hesaplanır ve cisim serbest bırakıldığı andaki balonun yerden yüksekliği (h_{yer}) ile toplanır.

$$x = \vartheta_{balon} \cdot t = 20 \cdot 7 = 140\ m$$

Balonun yerden yüksekliği $= 140 + 105 = 245\ m$ bulunur.

1.44. Soru



Hava direncinin ihmal edildiği bir ortamda düşey doğrultuda yukarıya 30 m/s sabit süratle hareket etmekte olan hava balonu, yerden 80 m yüksekteyken hava balonuna göre ilk hızsız olarak bir cisim balondan bırakılmıştır.

Buna göre

a) Cismin çıkabileceği maksimum yükseklik kaç metredir?

b) Cismin uçuş süresi kaç saniyedir?

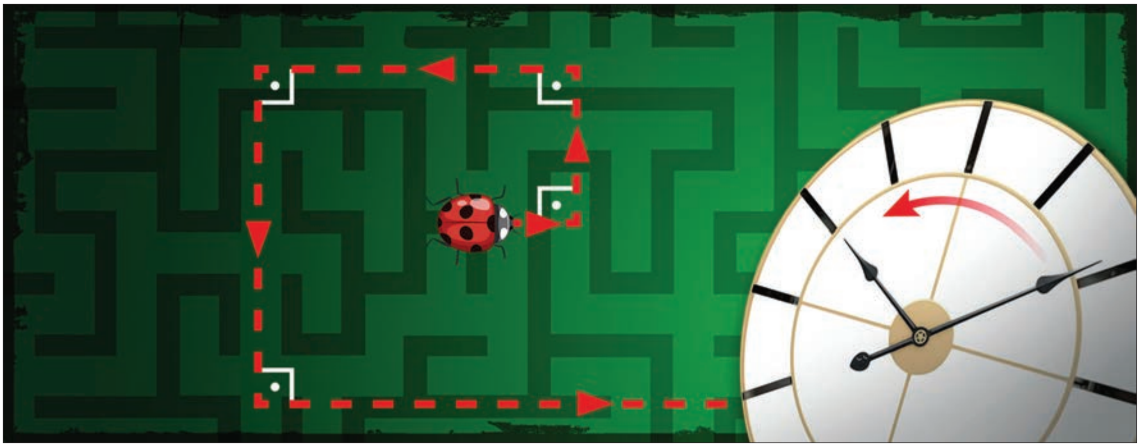
c) Cismin yere çarpma hızının büyüklüğü kaç m/s'dir?

ç) Cisim yere çarptığı anda balonun yerden yüksekliği kaç metredir?

(g =10 m/s² alınız.)

Cevap

FİNAL SORUSU



Uğur böceği, verilen bir konumdan sabit büyüklükte ivme ile doğrusal yörüngede hareketine başladıktan sonra her t süre sonunda ivmesinin ve hızının büyüklüğünü koruyarak yönünü saat yönünün daima tersine 90° değiştirmektedir. Yukarıda verilen görselden faydalanarak aşağıdaki soruları cevaplayınız. *(Sürtünmeleri ihmal ediniz.)*

a) 3t süre sonundaki yer değiştirmesinin büyüklüğü, harekete başladıktan t süre sonra aldığı yolun kaç katı olur?

....

....

....

....

....

....

....

b) 3t süre sonundaki hızının büyüklüğü, harekete başladıktan t süre sonraki hızının büyüklüğünün kaç katı olur?

....

....

....

....

....

....

c) Uğur böceğinin ivmesi a büyüklüğünde alınırsa 3t sürede aldığı yolun a ve t cinsinden ifadesi nasıl yazılır?

....

....

....

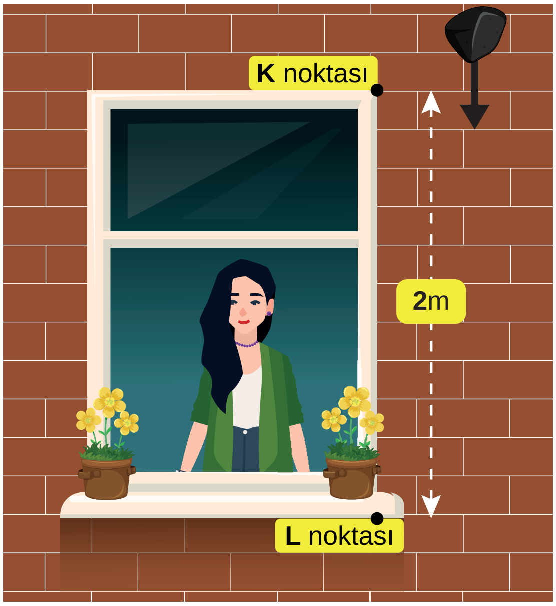
....

....

....

4. BÖLÜM ÇALIŞMA SORULARI

1.Soru



Hava direncinin ihmal edildiği bir ortamdaki binanın içinde pencereden dışarı bakan gözlemci, bir taşın yere düştüğünü görüyor.

Gözlemci, taşı K noktası ile L noktası arasında 0,2 s gözlemleyebilmektedir. Pencerenin boyu IKLI = 2 m olduğuna göre taşın serbest bırakıldığı noktanın K noktasına olan uzaklığı kaç m'dir?

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

2.Soru

Düzgün doğrusal yolda hareket eden ve ilk hızı sıfır olan bir araç, 10 m/s^2 lik ivme ile hızlanıp 2 m/s^2 lik ivme ile yavaşlıyor ve duruyor.

Aracın hızlanırken aldığı yol x_1, yavaşlarken aldığı yol x_2 ise x_1 / x_2 oranı kaçtır?

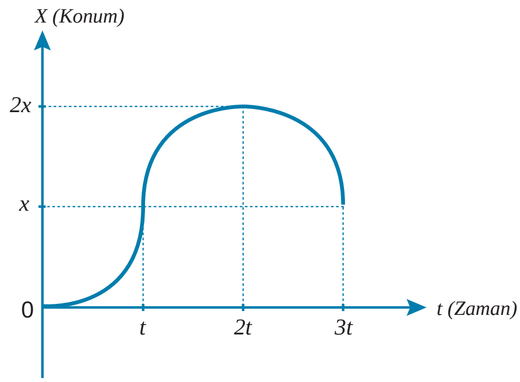
3.Soru

Düşey doğrultuda aşağıdan yukarıya atış hareketi yapan cisim, yukarı çıkarken 1. saniyede geçtiği noktadan; inerken 5. saniyede geçiyor.

Bu cismin atıldıktan 4 s sonra yerden yüksekliği kaç m'dir?

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

4.Soru



Doğrusal bir yolda sabit ivmeli hareket eden bir aracın konum-zaman grafiği şekildeki gibidir.

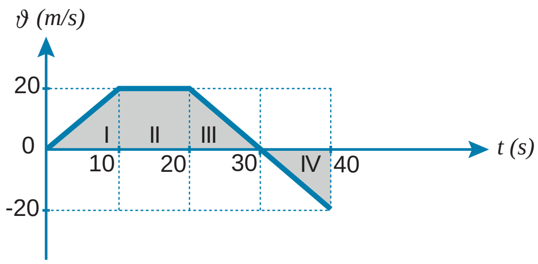
Buna göre

a) Aracın konum-zaman grafiğini yorumlayınız.

b) Aracın hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerini çiziniz.

Devam ediyor.

5.Soru



Doğrusal bir yolda x = 0 konumundan harekete başlayan aracın hız-zaman grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre aracın hareketini yorumlayarak harekete ait

a) Konum-zaman grafiğini çiziniz.

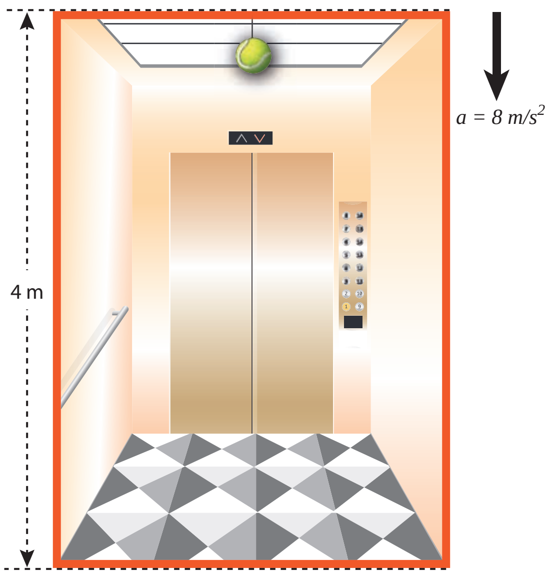
b) İvme-zaman grafiğini çiziniz.

6.Soru

Doğrusal yolda bir araç durgun hâlden harekete başlayarak 10 s boyunca 3 m/s^2 ivme ile hızlanıyor. Daha sonra hızını sabit tutup 5 s daha yol alıyor. Bu süre sonunda ise 2 m/s^2 ivmeyle yavaşlayarak duruyor.

Aracın aldığı toplam yol kaç m'dir?

7.Soru

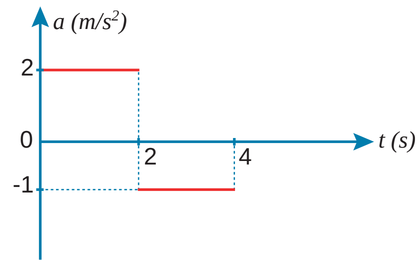


Düşey aşağı yönde 8 m/s^2 büyüklüğünde ivme ile hızlanan bir asansör kabininin içinde tavana tutturulan tenis topu serbest bırakılıyor.

Top ile asansörün zemini arasındaki düşey uzaklık 4 m olduğuna göre top, kabinin zeminine kaç m/s hız büyüklüğü ile çarpar?

(g = 10 m/s^2 alınız.)

8.Soru



İvme-zaman grafiği şekildeki gibi olan hareketlinin t = 0 anındaki hızı 5 m/s olduğuna göre bu hareketliye ait hız-zaman ve konum-zaman grafiklerini çiziniz.

1.5. İKİ BOYUTTA HAREKET

HAZIR MISINIZ?

FATİH'İN HAVAN TOPU



1451-1481 yılları arasında olan Fatih Sultan Mehmet Dönemi, teknolojik açıdan top dökümünde önemli gelişmelerin olduğu bir dönemdir. Osmanlılara ait büyük toplar, ilk kez bu dönemde Fatih'in İstanbul'u fethetmek arzusuyla gece gündüz çalışarak bizzat kendisinin çizdiği krokiler, barut otu ile atılacak güllelerin ağırlıklarına kadar yaptığı detaylı çalışmalar sonucunda dökülmüştür.

Fatih Sultan Mehmet, geliştirdiği ilk topların yakın savaşta kullanışlı olmadığını görerek deniz savaşlarında kullanılmak üzere yeni bir model tasarlamıştır. Tasarladığı yeni top modelinde topun çapını daha büyük, namlusunu daha kısa olarak çizmiştir. Bununla birlikte Fatih Sultan Mehmet, namlunun ucunun bir önceki modelde sabit olmasından dolayı hedef kontrolünü zorlaştırdığı ve çevreye daha çok zarar verdiği için bu sefer namlunun ucunu 45° ile 60° arasında değiştirerek krokisini çizmiştir. Fatih Sultan Mehmet'in İstanbul'u fethetmek için döktürdüğü iki parçalı büyük top "şahi" olarak adlandırılır ve dönemin ilk havan topudur. Bu topun 680 kilogram kütlesindeki güllesinin 1200 metre uzaklığa düştüğü söylenir. İstanbul'un uzun yıllar alınamamasının sebeplerinden olan sağlam surların yıkılışı bu şahi toplarının sayesinde olmuştur.

Soru 1: Fatih Sultan Mehmet, geliştirdiği havan topunda namlunun ucunun farklı açılarda hareket etmesini neden planlamış olabilir?

....

....

Soru 2: Fatih Sultan Mehmet'in tasarladığı top modelinde topun namlusunu kısaltmasının amacı ne olabilir?

....

....

İki boyutta hareket, yatay ve eğik atış hareketi olmak üzere iki kısımda incelenmektedir.

1.5.1. YATAY VE EĞİK ATIŞ HAREKETİ

A) Yatay Atış Hareketi

Hava direnci ve rüzgârın etkisinin ihmal edildiği sistemde yerden belirli bir yükseklikten yatay doğrultuda ilk hızla atılan cismin yapmış olduğu harekete **yatay atış hareketi** denir. Yatay doğrultuda uçan bir karganın ağzındaki cevizi kırmak için onu belirli bir yükseklikten bırakması, su kaydırağından kayan bir çocuğun kaydırağın sonundan suya düşme hareketi, yere paralel olarak atılan bir ok yatay atış hareketine örnek olarak verilebilir.

3. ETKİNLİK

Etkinlik Adı	***YATAY ATIŞ***	*30 dk.*
Amacı	*Yatay atış hareketini yorumlayabilme.*	*Bireysel etkinlik*
Araç Gereç	*genel ağ bağlantılı cihaz, kâğıt, kalem*	

Yönerge: *Aşağıdaki adımları sırayla uygulayarak değerlendirme sorularını cevaplayınız.*

1. adım: Yandaki karekodu okutunuz. Karşınıza çıkan ekranda "İNCELE" butonuna basarak ilgili simülasyonu açınız.

2. adım: Ekrandaki "Laboratuvar" seçeneğine çift tıklayınız.

3. adım: Ekranın sağındaki "Başlangıç Değerleri" menüsünden "Yer Çekimi" değerini, gösterge çubuğu kullanarak 10 m/s^2 yapınız.

4. adım: Atış topunun üstündeki "+" işaretini yukarı yönde sürükleyerek topun yüksekliğini 10 m olarak ayarlayınız.

5. adım: Atış topunun ucunu aşağı doğru çekerek yatay açıyı "0°" olarak ayarlayınız.

6. adım: Alt menüdeki kırmızı butona basarak hareketi gözlemleyiniz.

7. adım: Ekranın üst kısmında beyaz alandaki ölçüm aracının + simgesini cismin düştüğü noktaya sürükleyerek getiriniz.

8. adım: Tablo 1'de verilen hız değerinin her biri için "Başlangıç Hızı" gösterge çubuğunu kullanarak ayarlayınız. Önce kırmızı butona basıp sonra ölçüm aracının + simgesini cismin düştüğü noktaya sürükleyiniz. Elde ettiğiniz verileri tablodaki uygun yerlere yazınız.

Tablo 1

Başlangıç Hızı (m/s)	5	10	15
Yatay Uzaklık (m)			
Zaman (s)			

9. adım: Ekranın alt kısmında yer alan silgi görseline basınız.

10. adım: "Başlangıç Hızı" değerini 15 m/s olacak şekilde sabit tutunuz. Tablo 2'de verilen atış topunun yükseklik değerlerini her biri için üzerindeki + simgesini kullanarak ayarlayınız. Önce kırmızı butona basıp sonra ölçüm aracının + simgesini cismin düştüğü noktaya sürükleyiniz. Elde ettiğiniz verileri tablodaki uygun yerlere yazınız.

Tablo 2

Atış Topunun Yüksekliği (m)	5	10	15
Yatay Uzaklık (m)			
Zaman (s)			

11. adım: Ekrandaki silgi görseline basınız.

12. adım: "Başlangıç Hızı" değerini 15 m/s ve atış topunun yüksekliğini 15 m olacak şekilde sabit tutunuz. Tablo 3'te verilen "Top Mermisi"nin kütlesinin her bir değeri için "Kütle" gösterge çubuğunu kullanarak ayarlayınız. Önce kırmızı butona basıp sonra ölçüm aracının + simgesini cismin düştüğü noktaya sürükleyiniz. Elde ettiğiniz verileri tablodaki uygun yerlere yazınız.

Tablo 3

Top Mermisinin Kütlesi (kg)	10	50	100
Yatay Uzaklık (m)			
Zaman (s)			

Devam ediyor.

Değerlendirme

1. Top mermisinin hızının merminin yatayda aldığı yol ve havada kalma süresi ile ilişkisi nedir?

....

....

....

....

2. Yüksekliğin sabit tutularak cismin ilk hızının değiştirilmesi, cismin yatayda aldığı yolu ve uçuş süresini değiştirmiş midir? Açıklayınız.

....

....

....

....

....

3. Cismin ilk hızı sabit tutularak atış yüksekliğinin değiştirilmesi, cismin yatayda aldığı yolu ve uçuş süresini değiştirmiş midir? Açıklayınız.

....

....

....

....

....

4. Cismin ilk hızı ve atıldığı yükseklik sabit tutularak cismin kütlesinin değiştirilmesi, cismin yatayda aldığı yolu ve uçuş süresini değiştirmiş midir? Açıklayınız.

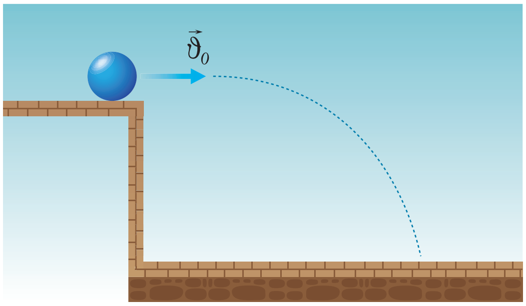
....

....

....

....

....



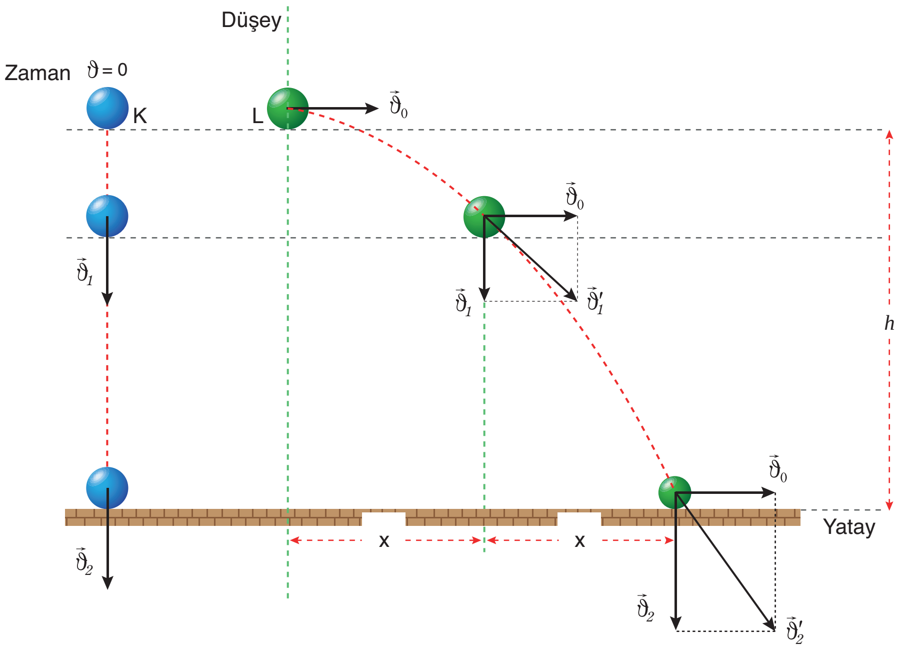
Şekil 1.37: *Yere paralel bir hızla belirli bir yükseklikten atılan bir top*

Şekil 1.37, belirli bir yükseklikten yere paralel olarak ilk hızla atılan topun yapmış olduğu hareketi göstermektedir. Bu yatay atış hareketinde cisim yatay ve düşeyde aynı anda hareket ettiğinden cismin bu bileşik hareketi **yatay atış** olarak adlandırılır. Sürtünmeler ihmal edildiği için yatayda cisme etki eden bir net kuvvet yoktur. Cismin yataydaki ivmesi sıfır olur ve yataydaki hızı değişmez. Bu durumda cisim yatay doğrultuda düzgün doğrusal hareket yapar. Düşey doğrultuda ise cisme etki eden net kuvvet, yer çekimi kuvvetidir. Newton'ın İkinci Hareket Yasası gereği cismin ivmesi

$$\vec{F}_{net} = m \cdot \vec{a} = m \cdot \vec{g}$$
$$\vec{a} = \vec{g}$$

olarak bulunur.

Şekil 1.38, hava direncinin ihmal edildiği bir ortamda aynı anda aynı yükseklikten bırakılan cisimlere ait serbest düşme ve yatay atış hareketini göstermektedir. Burada K cismi serbest düşme, L cismi ise yatay atış hareketi yapmaktadır.



Şekil 1.38: *Serbest düşme ve yatay atış hareketinin karşılaştırılması*

K ve L cisimlerinin düşeyde aldığı yollar incelendiğinde eşit zaman aralıklarında eşit yollar aldıkları ve yatay düzleme eşit hız ile çarptıkları görülmektedir. L cismi yatay doğrultuda eşit zaman aralıklarında eşit yol almaktadır. Bu durum yatay atış hareketi yapan bir cismin yalnızca aşağı yönlü çekim kuvveti etkisinde kaldığını göstermektedir. Yatay atış hareketi yapan cismin düşey düzlemde sabit ivme ve yatayda sabit hız ile yaptığı bileşik hareketin etkileri cismin parabol bir yol izlemesine neden olmaktadır.

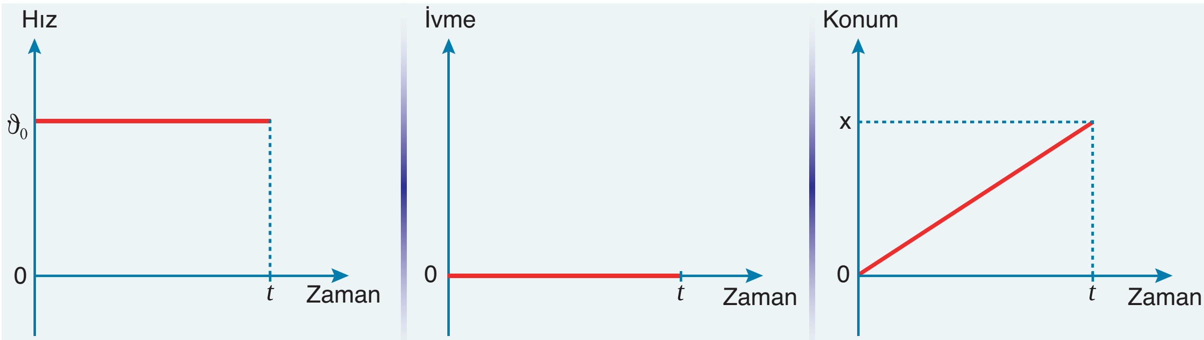
Cisim iki boyutta hareket ettiği için yatay ve düşey düzlemdeki hareketleri ayrı ayrı değerlendirilir. Tablo 1.8'de yatay atış hareketi yapan cismin yatay ve düşey düzlemlerdeki hareketine ait hareket denklemleri verilmiştir.

Tablo 1.8: *Yatay Atış Hareketine Ait Hareket Denklemleri*

Düşeydeki Harekete Ait Hız, Yer Değiştirme ve Zamansız Hız Denklemleri	Yataydaki Harekete Ait Yer Değiştirme Denklemleri	Cismin Herhangi Bir Andaki Hız Büyüklüğü
$\vartheta = g \cdot t$	$\Delta x = \vartheta_0 \cdot t$	$\vartheta_x = \vartheta_0$ $\vartheta_y = g \cdot t$ ϑ_x ve ϑ_y dik olduğundan $\vartheta^2 = \vartheta_x^2 + \vartheta_y^2$
$h = \frac{1}{2} g \cdot t^2$		
$\vartheta^2 = 2g \cdot \Delta h$		

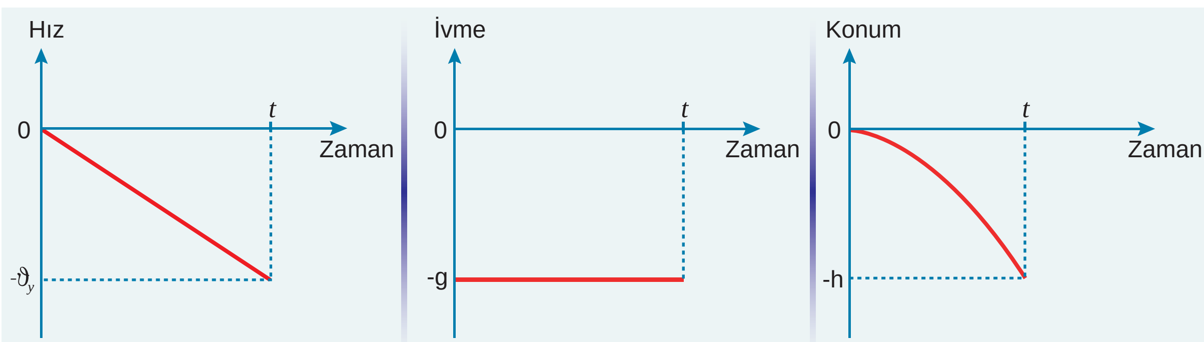
ϑ_x cismin herhangi bir t anında yataydaki hız büyüklüğünü ve ϑ_y cismin herhangi bir t anında düşeydeki hız büyüklüğünü temsil etmektedir.

Yatay atış hareketinde cisim, iki boyutta hareket ettiği için yatay ve düşey eksenler üzerindeki hareketler birbirinden bağımsız olarak ele alınır. Yatay doğrultudaki harekete ait grafikler Grafik 1.11'de ve aşağı yön negatif seçilerek çizilen düşey doğrultudaki harekete ait grafikler Grafik 1.12'de gösterilmiştir.



a) Hız-zaman grafiği b) İvme-zaman grafiği c) Konum-zaman grafiği

Grafik 1.11: *Yatay atış hareketi yapan cismin yatay doğrultudaki hareketine ait hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman grafikleri*



a) Hız-zaman grafiği b) İvme-zaman grafiği c) Konum-zaman grafiği

Grafik 1.12: *Yatay atış hareketi yapan cismin düşey doğrultudaki hareketine ait hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman grafikleri*

1.42. Örnek

Yerden h kadar yüksek bir binadan yatay olarak 15 m/s hızla atılan bir top, yere çarpana kadar yatayda 45 m yol alıyor.

Hava sürtünmesi ihmal edildiğine göre h yüksekliği kaç m'dir?

(g = 10 m/s^2 alınız.)

Çözüm

Top yatayda 45 m yol aldığına göre topun havada kalma süresi

$x = \vartheta \cdot t$

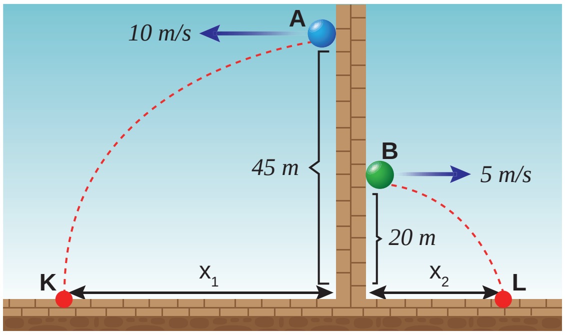
$45 = 15 \cdot t$

$t = 3\,s$ bulunur. Binanın yüksekliği h

$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

$h = 5 \cdot 3^2 = 45\,m$ bulunur.

1.45. Soru



Hava sürtünmesinin ihmal edildiği bir ortamda şekildeki gibi 45 m ve 20 m yükseklikten yatay olarak atılan A ve B cisimlerinin hızları sırasıyla 10 m/s ve 5 m/s'dir.

A cismi x_1 ve B cismi x_2 noktasına düştüğüne göre iki nokta arasındaki uzaklık kaç m'dir?

($g = 10\ m/s^2$ alınız. Düşey duvarın genişliğini ihmal ediniz.)

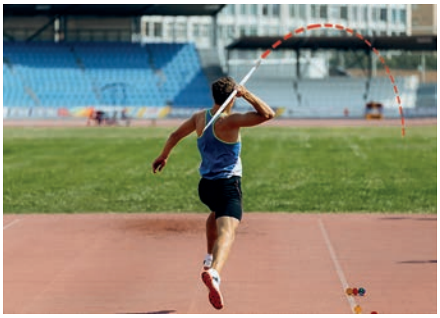
Cevap

B) Eğik Atış Hareketi

Yatay düzlemle açı yapacak şekilde ilk hızla atılan cisimlerin aşağı veya yukarı yönde hareketine **eğik atış hareketi** denir. Basketbol oynayan sporcunun topu potaya attığında topun yaptığı hareket (Görsel 1.10.a) ve atletizm sporcusunun ciridi fırlattığında ciridin izlediği yol (Görsel 1.10.b) eğik atış hareketine örnek olarak verilebilir.



a) *Potaya atılan topun hareketi*



b) *Atılan ciridin hareketi*

Görsel 1.10: *Eğik atış hareketi örnekleri*

4. ETKİNLİK

Etkinlik Adı	**EĞİK ATIŞ HAREKETİ**	30 dk.
Amacı	Bir cisme ait başlangıç hızı, açı değeri, kütle ve cismin bulunduğu ortamın yer çekimi ivmesi değişkenlerinin eğik atış hareketine etkisini yorumlayabilme.	Bireysel etkinlik
Araç Gereç	genel ağ bağlantılı cihaz, kâğıt, kalem	

Yönerge: *Aşağıdaki adımları sırayla uygulayarak değerlendirme sorularını cevaplayınız.*

1. adım: Yandaki karekodu okutunuz. Karşınıza çıkan ekranda "İNCELE" butonuna basarak ilgili simülasyonu açınız.

2. adım: Ekrandaki "Laboratuvar" seçeneğine çift tıklayınız.

3. adım: Ekranın sağındaki "Başlangıç Değerleri" menüsünde gösterge çubuklarını kullanarak "Yer Çekimi" değerini 10 m/s^2 ve "Kütle" değerini 5 kg olarak ayarlayınız.

4. adım: Atış topunun üstündeki "+" işaretini kullanarak yatayla 45° açı yapmasını sağlayınız.

5. adım: "Başlangıç Hızı" gösterge çubuğunu kullanarak 20 m/s olarak ayarlayınız.

6. adım: Kırmızı butona basıp hareketi gözlemleyerek beyaz alandaki ölçüm aracının + simgesini, cismin düştüğü noktaya sürükleyerek getiriniz.

7. adım: "Başlangıç Hızı" gösterge çubuğu yardımıyla Tablo 1'de verilen kütle değerlerinin her biri için 6. adımı tekrarlayarak elde ettiğiniz verileri tablodaki uygun yerlere yazınız.

Tablo 1

Başlangıç Hızı (m/s)	Kütle (kg)	Açı (°)	Yer Çekimi (m/s²)	Zaman (s)	Yatay Uzaklık (m)	Yükseklik (m)
20	5	45	10			
30	5	45	10			
40	5	45	10			

8. adım: "Başlangıç Hızı" gösterge çubuğunu kullanarak 20 m/s olarak ayarlayınız.

9. adım: "Başlangıç Değerleri" menüsünde "Kütle" değerini gösterge çubuğunu kullanarak 10 kg olarak ayarlayınız.

10. adım: Kırmızı butona basıp hareketi gözlemleyerek ölçüm aracının + simgesini cismin düştüğü noktaya sürükleyerek getiriniz.

11. adım: "Başlangıç Değerleri" menüsündeki gösterge çubuğu yardımıyla Tablo 2'de verilen kütle değerlerinin her biri için 10. yönergeyi tekrarlayarak elde ettiğiniz verileri tablodaki uygun yerlere yazınız.

Tablo 2

Başlangıç Hızı (m/s)	Kütle (kg)	Açı (°)	Yer Çekimi (m/s²)	Zaman (s)	Yatay Uzaklık (m)	Yükseklik (m)
20	10	45	10			
20	15	45	10			
20	20	45	10			

12 adım: "Başlangıç Değerleri" menüsünde "Kütle" gösterge çubuğunu kullanarak değerin 10 kg olmasını sağlayınız.

Devam ediyor.

13. adım: Atış topunun ve ölçüm aracının üstündeki “+” işareti kullanarak Tablo 3’te verilen açı değerlerinin her biri için kırmızı butona basıp elde ettiğiniz verileri tablodaki uygun yerlere yazınız.

Tablo 3

Başlangıç Hızı (m/s)	Kütle (kg)	Açı (°)	Yer Çekimi (m/s^2)	Zaman (s)	Yatay Uzaklık (m)	Yükseklik (m)
20	10	35	10			
20	15	45	10			
20	20	55	10			

14. adım: “Başlangıç Değerleri” menüsünde gösterge çubuklarını kullanarak “Yer Çekimi” değerinin 5 m/s^2 ve “Kütle” değerinin 5 kg olmasını sağlayınız.

15. adım: Tablo 4’te verilen yer çekimi değerinin her biri için kırmızı butona basıp elde ettiğiniz verileri tablodaki uygun yerlere yazınız.

Tablo 4

Başlangıç Hızı (m/s)	Kütle (kg)	Açı (°)	Yer Çekimi (m/s^2)	Zaman (s)	Yatay Uzaklık (m)	Yükseklik (m)
20	5	45	5			
20	5	45	10			
20	5	45	20			

Değerlendirme

1. Cismin ilk hızındaki değişim; uçuş süresini, menzilini ve maksimum yüksekliğini ne şekilde etkilemiştir?

....

2. Cismin kütlesinin değişmesi; uçuş süresini, menzilini ve maksimum yüksekliğini ne şekilde etkilemiştir?

....

3. Cismin yatayla yaptığı açı değerinin değişmesi; uçuş süresini, menzilini ve maksimum yüksekliğini ne şekilde etkilemiştir?

....

4. Cisme etkiyen yer çekimi ivmesinin değişmesi; uçuş süresini, menzilini ve maksimum yüksekliğini ne şekilde etkilemiştir?

....

5. Cismin menzili hangi durumlarda eşittir? Bu eşitliğin nedeni ne olabilir?

....

....

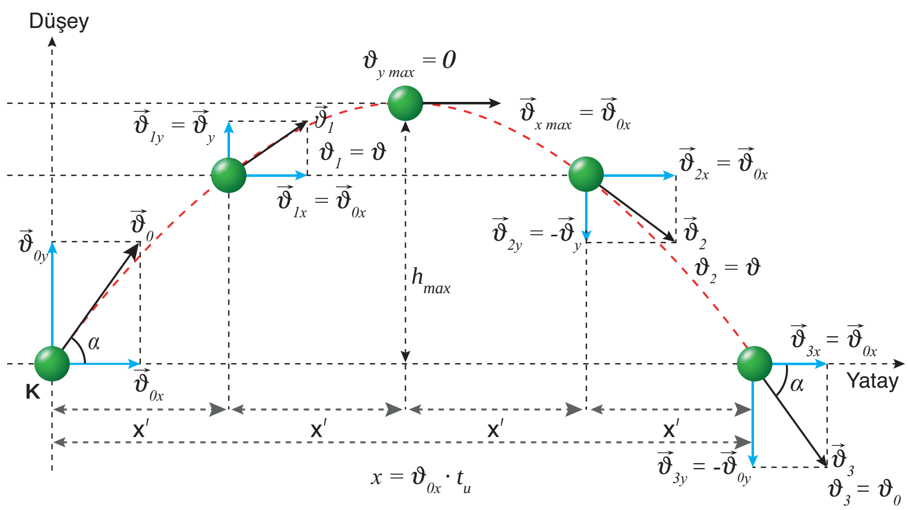
6. Eğik atış hareketini düşey atış ve yatay atış hareketlerinin özellikleri ile karşılaştırınız ve ortak yanlarını belirtiniz.

....

....

Yukarı Yönde Eğik Atış Hareketi

Hava sürtünmelerinin ihmal edildiği bir ortamda yatayla açı yapacak şekilde ilk hızla yukarı yönlü eğik atılan cisim, atıldığı andan itibaren sadece yer çekimi kuvvetine maruz kalır. Bundan dolayı düşey hız büyüklüğü cisim yukarı çıkarken düzgün olarak azalır, maksimum yükseklikte sıfır olur ve inişe geçtiğinde düzgün olarak artar. Bu süre içinde cisme yatayda kuvvet etki etmediğinden cismin yatay hızı sabit kalır. Cisim düşey doğrultuda aşağıdan yukarıya atış hareketi yaparken yatay doğrultuda da sabit hızlı hareket yapmış olur.



Şekil 1.39: *Yukarı yönde eğik atılan cismin hareketi*

Şekil 1.39'da bir cismin hava sürtünmesinin ihmal edildiği ortamda K noktasından yatayla α açısı yapacak şekilde $\vec{\vartheta}_0$ ilk hızı ile atıldığı gösterilmektedir. Cismin yatay eksendeki ilk hız bileşeni $\vec{\vartheta}_{0x}$ ve düşey eksendeki ilk hız bileşeni $\vec{\vartheta}_{0y}$ olarak verilmiştir. Burada yatay hızlarının büyüklükleri arasında

$\vartheta_{0x} = \vartheta_{1x} = \vartheta_{2x} = \vartheta_{3x}$ ilişkisi vardır. Cisme etki eden kuvvet çekim kuvveti olduğundan cismin ivmesi, yer çekimi ivmesine eşittir. Bu durumda cismin düşeydeki hız büyüklüğü maksimum yükseklikte sıfırdır ($\vartheta_{y\,max} = 0$). Cismin yörüngesi üzerinde yerden eşit yükseklikteki noktalarda hız büyüklükleri eşittir ($\vartheta_0 = \vartheta_3, \vartheta_1 = \vartheta_2$).

Cismin maksimum yüksekliğe çıkış süresi ile iniş süresi birbirine eşittir. Buradan cismin uçuş süresi

$t_u = t_ç + t_i = 2 \cdot t_ç = 2 \cdot t_i$ ifadesi ile bulunur.

Eğik atış hareketi yatay ve düşey eksenlerde ayrı ayrı ele alınarak incelenir. Tablo 1.9'da bu harekete ait denklemler verilmiştir.

Tablo 1.9: *Yukarı Yönde Eğik Atış Hareketi Yapan Cismin Hareket Denklemleri*

Düşeydeki Harekete Ait Hız, Yer Değiştirme ve Zamansız Hız Denklemleri	Yataydaki Harekete Ait Yer Değiştirme Denklemleri	Cismin Herhangi Bir Andaki Hız Büyüklüğü
$\vartheta_y = \vartheta_{0y} - g.t$	$\Delta x_{menzil} = \vartheta_{0x} \cdot t_u$	$\vartheta_x = \vartheta_{0x}$ $\vartheta_y = \vartheta_{0y} - g \cdot t$ $\vartheta^2 = \vartheta_x^2 + \vartheta_y^2$
$h_{max} = \vartheta_{0y} \cdot t_ç - \frac{1}{2} g \cdot t^2$		
$\vartheta_y^2 = \vartheta_{0y}{}^2 - 2g \cdot \Delta h$		

Eğik atış hareketi yapan bir cismin maksimum yükseklik değeri; çıkış, iniş ve uçuş süreleri hareket denklemleri kullanılarak bulunabilir. Cismin maksimum yüksekliği zamansız hız denklemi kullanılarak

$$\vartheta_y^2 = \vartheta_{0y}^2 - 2 \cdot g \cdot \Delta h$$
$$\vartheta_{y\,max}^2 = \vartheta_{0y}^2 - 2 \cdot g \cdot h_{max}$$
$$0 = \vartheta_{0y}^2 - 2 \cdot g \cdot h_{max}$$

$h_{max} = \dfrac{\vartheta_{0y}^2}{2 \cdot g}$ elde edilir.

Hız denklemi kullanılarak cismin çıkış, iniş ve uçuş süresi

$$\vartheta_y = \vartheta_{0y} - g \cdot t_ç$$
$$\vartheta_{y\,max} = \vartheta_{0y} - g \cdot t_ç$$
$$0 = \vartheta_{0y} - g \cdot t_ç$$

$$t_ç = \frac{\vartheta_{0y}}{g} = t_i \Longrightarrow t_u = 2 \cdot t_ç = 2 \cdot t_i \Longrightarrow t_u = \frac{2 \cdot \vartheta_{0y}}{g}$$

elde edilir. Burada uçuş süresini cismin ilk hızı ile ilişkilendirmek için $\vartheta_{oy} = \vartheta_0 \cdot sin\,\alpha$ ifadesi t_u denkleminde yerine yazılırsa

$$t_u = \frac{2\vartheta_o \cdot sin\,\alpha}{g}$$

bağıntısı elde edilir. Menzil uzaklığı

$$x_{menzil} = \vartheta_{ox} \cdot t_u$$

$\vartheta_{ox} = \vartheta_0 \cdot cos\,\alpha$ ifadesi yerine yazılırsa

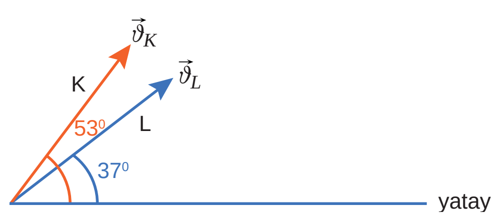
$$x_{menzil} = \vartheta_o \cdot cos\,\alpha \cdot t_u$$
$$x_{menzil} = \vartheta_o \cdot cos\,\alpha \cdot \frac{2 \cdot \vartheta_o \cdot sin\,\alpha}{g}$$
$$x_{menzil} = \frac{\vartheta_0^2 \cdot (2 \cdot sin\,\alpha \cdot cos\,\alpha)}{g}$$
$$x_{menzil} = \frac{\vartheta_0^2 \cdot sin\,2\alpha}{g}$$

bağıntısı elde edilir.

Bu bağıntıya göre

- Yukarı yönde eğik olarak atılan cisim yatayla 45° açı yapacak şekilde atıldığında menzil uzaklığı en büyük değerini alır.
- Aynı ilk hız büyüklüğü ile eğik olarak atılan cisimlerin yatayla yaptıkları açıların toplamı 90° (tümler açı) ise cisimlerin menzil uzaklıkları da eşit olur.

1.46. Soru

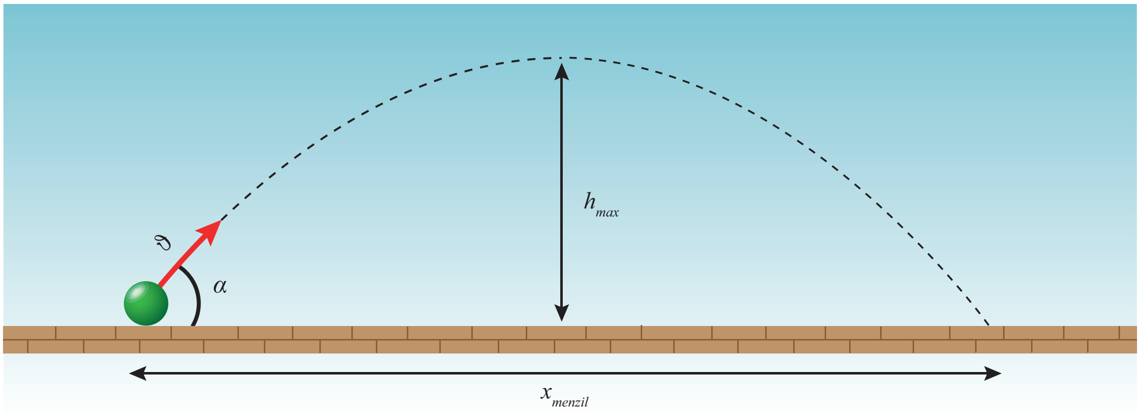


Hava sürtünmesinin ihmal edildiği ortamda yatayla 37° ve 53° açı yapacak şekilde ϑ = 50 m/s büyüklüğündeki hızlarla eğik olarak atılan K ve L cisimlerinin menzil uzaklıklarını hesaplayınız.

(g = 10 m/s² alınız.)

Cevap

6. UYGULAMA



Bir cisim, hava direncinin ihmal edildiği ortamda yatayla α açısı yapacak şekilde ϑ = 50 m/s büyüklüğündeki hızla eğik olarak atılıyor.

1. soru: Eğik atış hareketinde aynı noktadan aynı hız büyüklüğüyle şekildeki gibi atılan cismin 30°, 37°,45°, 53° ve 60° açı değerleri için menzil uzaklığını hesaplayarak tabloya yazınız.

($cos\,30^\circ = sin\,60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$; $sin\,30^\circ = cos\,60^\circ = \frac{1}{2}$; $cos\,37^\circ = sin\,53^\circ = 0,8$; $sin\,37^\circ = cos\,53^\circ = 0,6$;

$cos\,45^\circ = sin\,45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$; $g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Açı Değeri	Menzil Uzaklığı (x_{menzil})
30°	
37°	
45°	
53°	
60°	

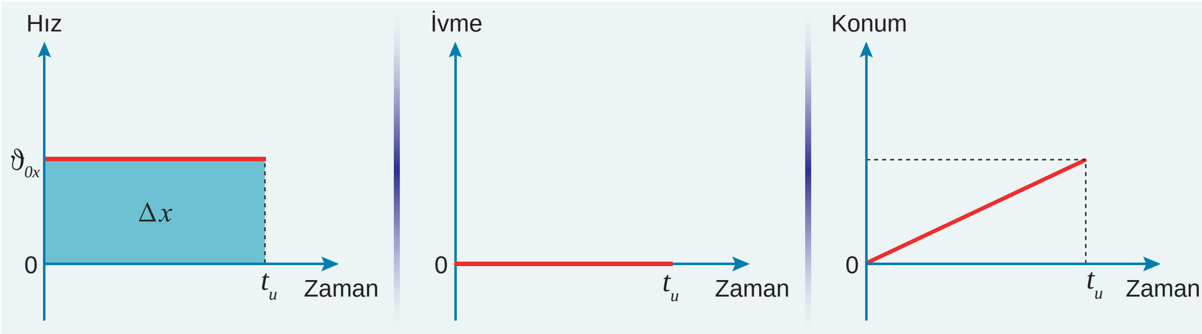
2. soru: Tabloda elde edilen menzil değerlerinin büyüklüğünü açı değerleri ile kıyaslayarak yorumlayınız.

....

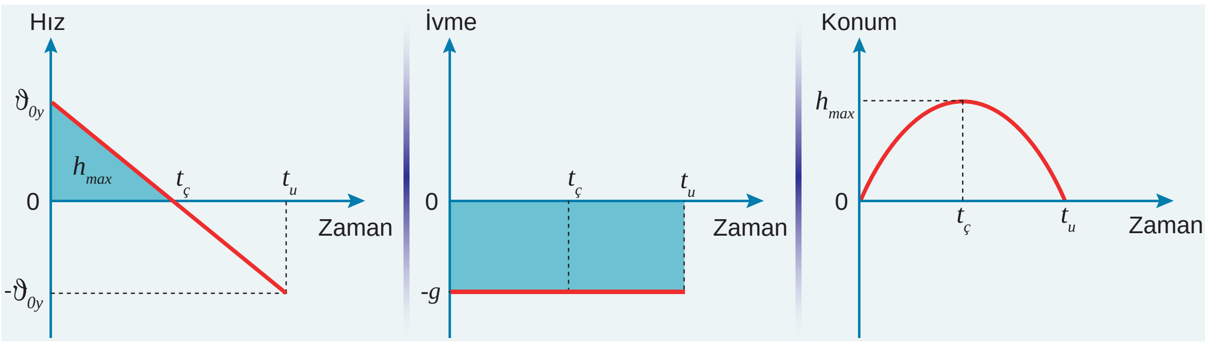
....

....

Grafik 1.13'te yukarı yönde eğik atış hareketine ait grafikler verilmiştir.



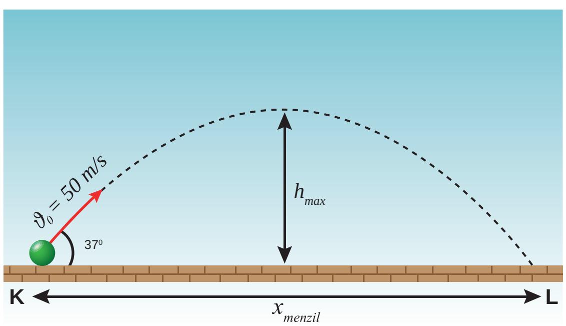
a) Yataydaki harekete ait grafikler



b) Düşeydeki harekete ait grafikler

Grafik 1.13: *Yatay atış hareketi yapan cismin yatay ve düşey doğrultudaki hareketine ait hız-zaman, ivme-zaman ve konum-zaman grafikleri*

1.43. Örnek



Hava sürtünmesinin ihmal edildiği ortamda K noktasından ϑ_0 = 50 m/s ilk hız büyüklüğü ile düşeyle 37° açı yapacak şekilde yukarıya doğru eğik olarak atılan cisim L noktasına düşmektedir. **Buna göre**

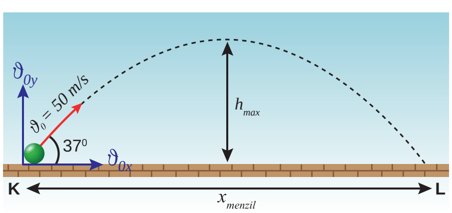
a) Uçuş süresi kaç s olur?

b) Maksimum yükseklik kaç m olur?

c) Menzil uzaklığı kaç m olur?

$(\cos 37° = 0,8; \cos 53° = 0.6; g = 10\ m/s^2$ *alınız.)*

Çözüm



$\vartheta_{ox} = \vartheta_0 \cdot \cos\alpha$ ifadesinden

$\vartheta_{ox} = 50 \cdot \cos 37° \Rightarrow \vartheta_{ox} = 50 \cdot 0,8 = 40\ m/s$ bulunur.

$\vartheta_{oy} = \vartheta_0 \cdot \sin\alpha$ ifadesinden

$\vartheta_{oy} = 50 \cdot \sin 37° \Rightarrow \vartheta_{oy} = 50 \cdot 0,6 = 30\ m/s$ bulunur.

a) Cismin uçuş süresi

$t_u = \dfrac{2 \cdot \vartheta_{oy}}{g}$ bağıntısından

$t_u = \dfrac{2 \cdot 30}{10} = 6\ s$ olarak bulunur.

b) Cismin çıkabildiği maksimum yükseklik

$h_{max} = \dfrac{\vartheta_{oy}^2}{2 \cdot g}$ bağıntısından

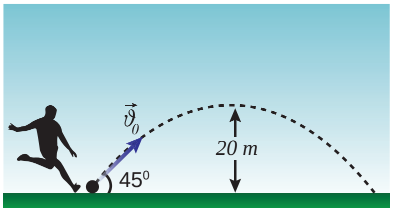
$h_{max} = \dfrac{30^2}{2 \cdot 10} = 45\ m$ olarak bulunur.

c) Cismin menzil uzaklığı

$x_{menzil} = \vartheta_{0x} \cdot t_u$ bağıntısından

$x_{menzil} = 40 \cdot 6 = 240\ m$ olarak bulunur.

1.47. Soru



Bir futbol oyuncusu bir topa 45° açı yapacak şekilde vuruyor. Topun maksimum yüksekliği 20 m olduğuna göre

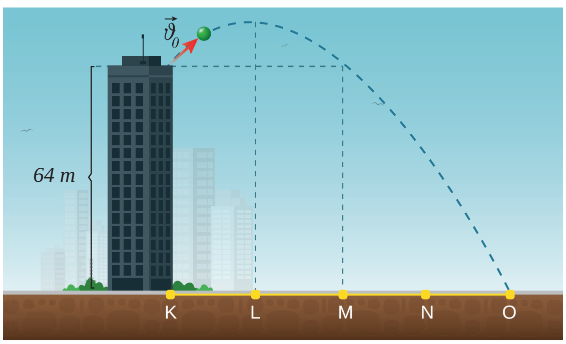
a) Uçuş süresi kaç s'dir?

b) İlk hızı kaç m/s'dir?

($\sin 45° = \cos 45° = \sqrt{2}/2$, $g = 10\ m/s^2$ alınız. Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

Cevap

1.44. Örnek



Bir kulenin tepesinden $\vec{\vartheta}_0$ ilk hızı ile eğik olarak atılan cisim şekildeki yörüngeyi izleyerek O noktasında yere çarpıyor.

Kulenin yüksekliği 64 m olduğuna göre cisim, atıldığı noktadan en fazla kaç metre yükseğe çıkabilir?

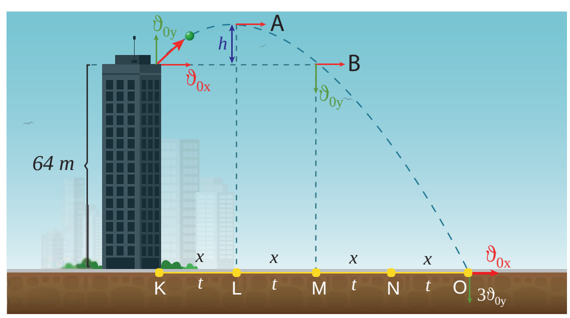
(Yatay düzlem üzerindeki noktalar eşit aralıklıdır.)

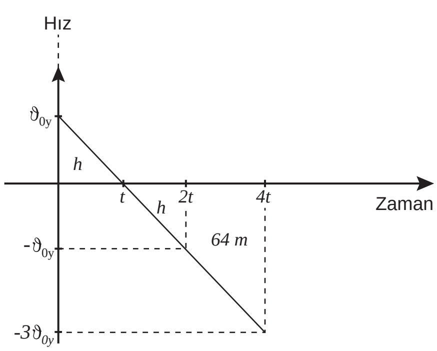
Çözüm

ϑ_0 hız büyüklüğü ile eğik atış hareketi yapan cismin yatay hız büyüklüğü ϑ_{0x}tir. Cismin noktalar arası uzaklıkları t sürede geçtiği kabul edilirse uçuş süresi 4 t olur.

Cismin başlangıçtaki düşey hız büyüklüğü ϑ_{0y} ise A noktasında sıfır, B noktasında ϑ_{0y} ve O noktasında $3\vartheta_{0y}$ olur.

Eğik olarak atılan cismin düşey eksendeki hız–zaman grafiği kullanılarak





2t-4t zaman aralığında grafiğin altında kalan alanından

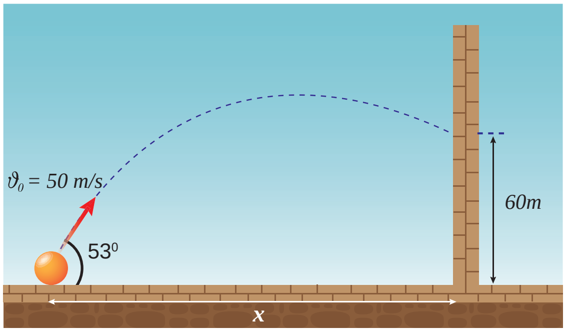
$$64 = \frac{(\vartheta_{oy} + 3\vartheta_{0y}).2t}{2}$$

$\vartheta_{oy} \cdot t = 16$ olarak bulunur.

Cismin atıldığı noktaya göre çıkabildiği maksimum yükseklik, hız-zaman grafiğin 0-t zaman aralığındaki alanından

$\frac{\vartheta_{0y} \cdot t}{2} \Rightarrow \frac{16}{2} = 8\ m$ olarak bulunur.

1.48. Soru



Sürtünmelerin ihmal edildiği sistemde cisim 50 m/s büyüklüğünde ilk hız ile yatayla 53° açı yapacak şekilde eğik olarak atılıyor. Cisim karşısındaki duvarın yerden 60 m yükseklikte bir noktasına çarpıyor.

Buna göre cismin yatayda aldığı yol (x), kaç m olur?

($cos\,37° = 0,8$; $cos\,53° = 0.6$; $g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Cevap

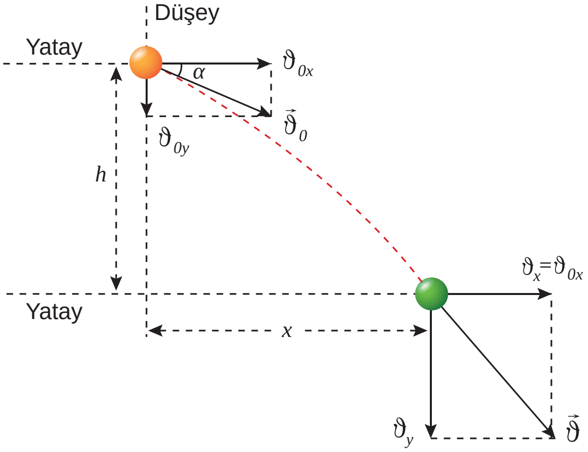
Aşağı Yönde Eğik Atış Hareketi

Voleybol oynayan sporcunun sıçrayarak topa yatayla açı yapacak şekilde vurduğunda topun hareketi aşağı yönde eğik atış hareketine örnek olarak verilebilir (Görsel 1.11).



Görsel 1.11: *Aşağı yönde eğik atış hareketi yapan top*

Hava sürtünmesinin ihmal edildiği ortamda yatayla α açısı yapacak şekilde $\vec{\vartheta}_0$ ilk hızıyla aşağı yönde eğik olarak atılan cisim yer çekimi kuvveti etkisindedir. Bundan dolayı düşeyde hız büyüklüğü düzgün olarak artarken yataydaki hızı sabit kalır (Şekil 1.40).



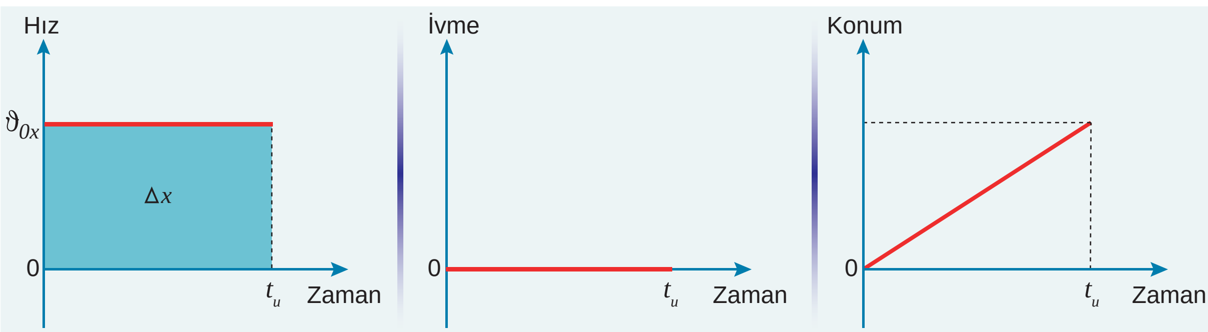
Şekil 1.40: *Aşağı yönde eğik atılan cismin hareketi*

Tablo 1.10'da bir cismin aşağı yönde eğik atış hareketine ait denklemler verilmiştir.

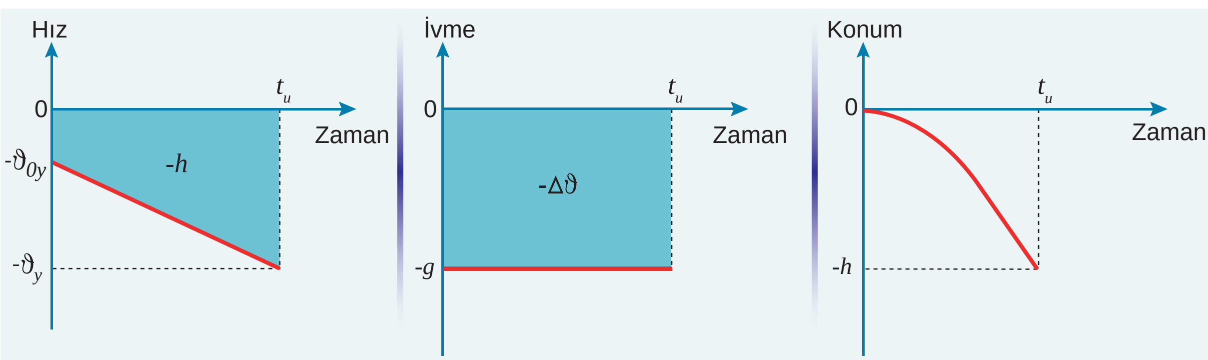
Tablo 1.10: *Aşağı Yönde Eğik Atış Hareketi Yapan Cismin Hareket Denklemleri*

<table>
<tr><th>Düşeydeki Harekete Ait Hız, Yer Değiştirme ve Zamansız Hız Denklemleri</th><th>Yataydaki Harekete Ait Yer Değiştirme Denklemleri</th><th>Cismin Herhangi Bir Andaki Hız Büyüklüğü</th></tr>
<tr><td>$\vartheta_y = \vartheta_{0y} + g \cdot t$</td><td rowspan="3">$\Delta x = \vartheta_{0x} \cdot t$</td><td rowspan="3">$\vartheta_x = \vartheta_{0x}$
$\vartheta_y = \vartheta_{0y} + g \cdot t$
$\vartheta^2 = \vartheta_x^2 + \vartheta_y^2$</td></tr>
<tr><td>$h = \vartheta_{0y} \cdot t + \frac{1}{2} g \cdot t^2$</td></tr>
<tr><td>$\vartheta_y^2 = \vartheta_{0y}^2 + 2g \cdot \Delta h$</td></tr>
</table>

Grafik 1.14'te aşağı yönde eğik atış hareketine ait grafikler verilmiştir.



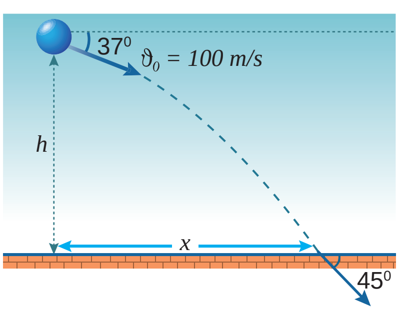
a) Yatay doğrultudaki hız-zaman, ivme-zaman, konum-zaman grafikleri



b) Düşey doğrultudaki hız-zaman, ivme-zaman, konum-zaman grafikleri

Grafik 1.14: *Aşağı yönde eğik atış hareketine ait grafikler*

1.45. Örnek



Bir cisim, hava sürtünmelerinin ihmal edildiği ortamda yerden h kadar yüksekten yatayla 37° açı yapacak şekilde ϑ_0 = 100 m/s büyüklüğündeki ilk hızla atılmaktadır. Cisim, yere yatayla 45° açı yaparak çarptığına göre cismin

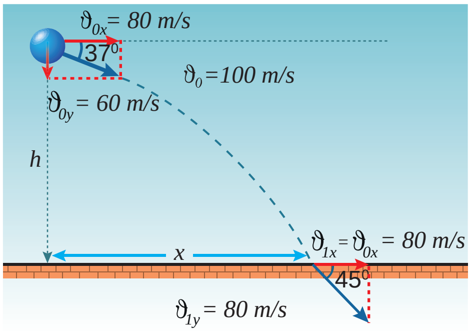
a) Atıldığı noktanın yerden yüksekliği kaç m'dir?

b) Yatayda aldığı yol kaç m'dir?

($\cos 37° = 0,8; \sin 37° = 0,6; \cos 45° = \sin 45° = \sqrt{2}/2; g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Devam ediyor.

Çözüm



Cismin ilk hızının yatay ve düşey bileşenlerinin büyüklüğü

$\vartheta_{ox} = \vartheta_0 \cdot \cos\alpha$

$\vartheta_{ox} = 100 \cdot \cos 37° = 80\ m/s$

$\vartheta_{oy} = \vartheta_0 \cdot \sin\alpha$

$\vartheta_{oy} = 100 \cdot \sin 37° = 60\ m/s$ bulunur.

Cisim yere çarptığında yatayla yaptığı açı 45° olduğundan cismin yere çarptığı noktada yatay ve düşey hız büyüklükleri birbirine eşit olur $(\vartheta_{1x} = \vartheta_{1y})$.

a) Cismin atıldığı noktanın yerden yüksekliği

$\vartheta_{1y}^2 = \vartheta_{0y}^2 + 2 \cdot g \cdot h$

$80^2 = 60^2 + 2 \cdot 10 \cdot h$

$h = 140\ m$ bulunur.

b) Cismin hareket süresi (t)

$\vartheta_{1y} = \vartheta_{oy} + g \cdot t$

$80 = 60 + 10 \cdot t$

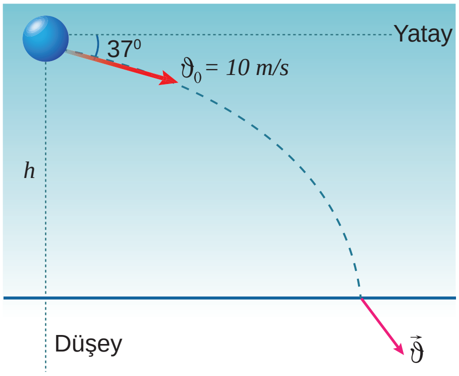
$t = 2\ s$ bulunur.

Buradan cismin yatayda aldığı yol

$x = \vartheta_{ox} \cdot t$

$x = 80 \cdot 2 = 160\ m$ olarak bulunur.

1.49. Soru



Bir cisim, hava sürtünmesinin ihmal edildiği bir ortamda h yüksekliğinden yatayla 37° açı yapacak şekilde aşağı yönde 10 m/s'lik ilk hızla atılıyor. Cisim 2 s sonra $\vec{\vartheta}$ hızı ile yere çarpmaktadır.

Buna göre cismin

a) $\vec{\vartheta}$ **hızının düşey bileşenin büyüklüğü kaç m/s'dir?**

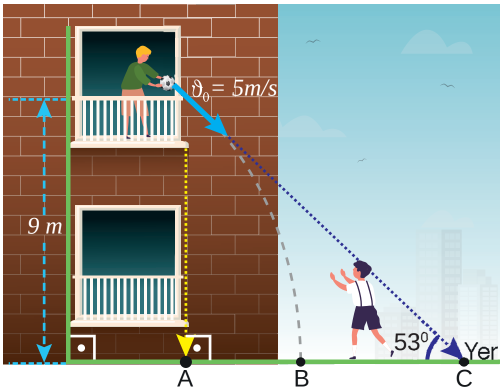
b) Atıldığı noktanın yerden yüksekliği kaç m'dir?

c) Yatayda aldığı yol kaç m'dir?

$(\cos 37° = 0,8; \sin 37° = 0,6; g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Cevap

1.50. Soru



Sürtünmelerin ihmal edildiği ortamda bir çocuk, yerden 9 m yükseklikteki balkondan yerdeki arkadaşına top atmak istiyor. Topu 5 m/s hız büyüklüğü ile C noktasını hedefleyerek atmasına rağmen top B noktasına düşüyor.

Buna göre |BC| uzaklığı kaç m'dir?

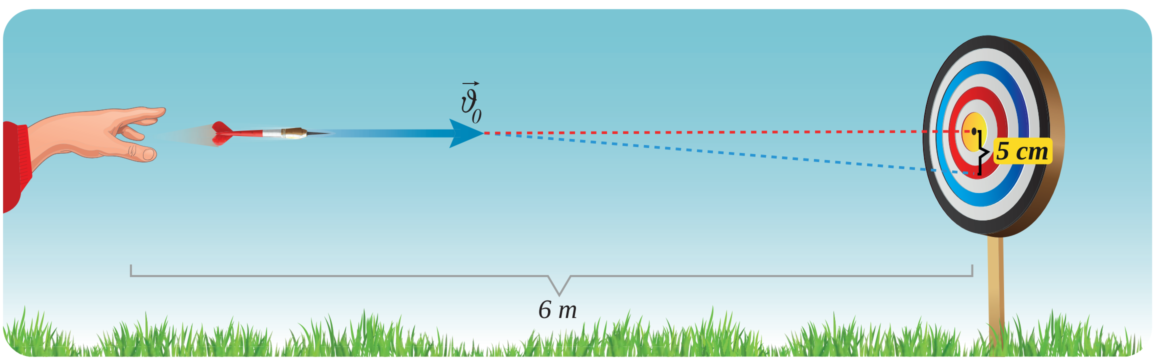
($\cos 53° = 0,6; \sin 53° = 0,8; g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Cevap

1.5.2. İKİ BOYUTTA SABİT İVMELİ HAREKET İLE İLGİLİ HESAPLAMALAR

1.46. Örnek

Bir dart oyununda ok 6 m uzaklıktan hedef tahtasının tam orta noktasına atılmak istenmektedir.



Ok, atılmak istenen noktadan 5 cm aşağıda bulunan bir noktaya saplandığına göre okun çıkış hızının büyüklüğü kaç m/s'dir? *($g = 10\ m/s^2$ alınız.)*

Çözüm

$5\ cm = 0{,}05\ m$ dönüşümü yapılarak okun uçuş süresi

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$0,05 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2$$

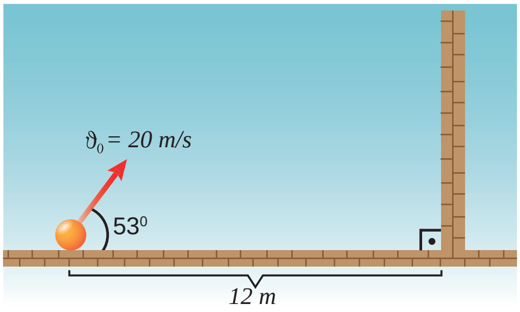
$t = 0,1\ s$ bulunur. Okun yataydaki hareketi için yer değiştirme denklemi kullanılarak çıkış hızı

$$x = \vartheta_0 \cdot t$$

$$6 = \vartheta_0 \cdot 0,1$$

$\vartheta_0 = 60\ m/s$ bulunur.

1.51. Soru



Hava sürtünmelerinin ihmal edildiği ortamda şekildeki gibi bir top 20 m/s ilk hızla yatayla 53° açı ile yukarı yönde atılıyor. Topun atıldığı nokta ile duvar arasındaki yatay uzaklık 12 m olduğuna göre topun

a) Uçuş süresi kaç s'dir?

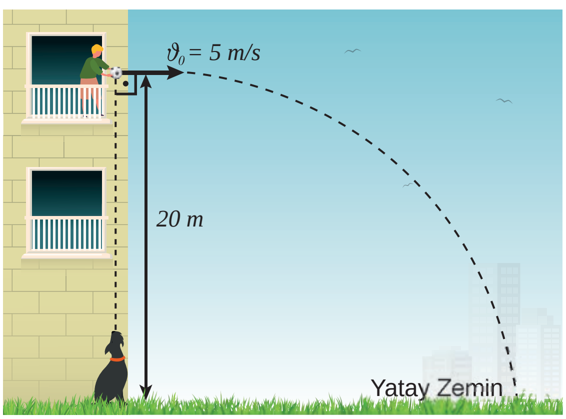
b) Duvara çarptığı noktanın yerden uzaklığı kaç m'dir?

c) Duvara çarptığı andaki hızı kaç m/s'dir?

($\cos 53° = 0,6$; $\sin 53° = 0,8$; $g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Cevap

1.47. Örnek



Bir apartmanın 20 m yüksekliğindeki noktadan ilk hızı 5 m/s olan top, yatay olarak atılmaktadır. Top yere düştüğü anda yatay zeminde bulunan, apartman sakinlerinin sahiplendiği, durgun hâldeki köpek tarafından yakalanmaktadır.

Top atıldığı anda köpek sabit ivme ile hızlandığına göre köpeğin hızlanma ivmesi kaç m/s²dir?

($g = 10\ m/s^2$ alınız. Hava sürtünmesini ihmal ediniz.)

Çözüm

Serbest düşmedeki yer değiştirme denklemi kullanılarak topun uçuş süresi

$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

$20 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2$

$t = 2\ s$ bulunur.

Topun menzil uzaklığı

$x = \vartheta_0 \cdot t$

$x = 5 \cdot 2 = 10\ m$ bulunur.

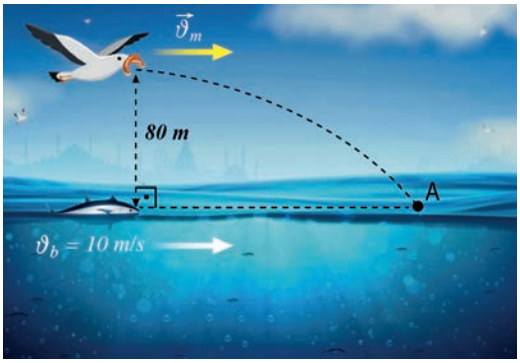
Köpeğin hızlanma ivmesinin büyüklüğü

$x = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

$10 = \frac{1}{2} \cdot a \cdot 2^2$

$a = 5\ m/s^2$ bulunur.

1.52. Soru



Ağzında bir parça simit ile deniz yüzeyine paralel ve deniz yüzeyinden 80 m yüksekte $\vec{\vartheta}_m$ hızıyla uçmakta olan martı, ağzındaki simidi düşürüyor. Deniz yüzeyine çok yakın ve paralel olarak $\vartheta_b = 10\ m/s$ hız büyüklüğü ile yüzen bir balık, simidi martının ağzından düştüğü anda fark ediyor ve sabit ivmeyle hızlanarak A noktasına 50 m/s hız büyüklüğü ile ulaşıp simidi yakalıyor.

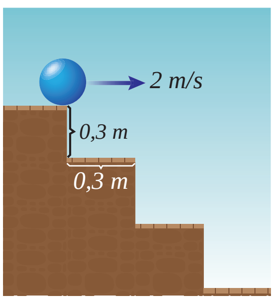
Buna göre

a) Balığın hızlanma ivmesinin büyüklüğü kaç m/s^2dir.

b) Martının ϑ_m hızının büyüklüğü kaç m/s'dir?

Cevap

1.48. Örnek



Bir top, şekildeki gibi bir merdivenin ilk basamağından yatay olarak 2 m/s'lik ilk hızla atılmaktadır.

Merdiven basamaklarının genişliği ve yüksekliği 0,3 m olduğuna göre top ilk önce hangi basamağa çarpar?

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Çözüm

Topun n. basamağa çarpmış olduğu düşünülürse yatayda aldığı yol

$$n \cdot x = \vartheta_0 \cdot t$$

$$n \cdot 0,3 = 2 \cdot t \quad (1)$$

Topun düşeyde aldığı yol

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$n \cdot h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$n \cdot 0,3 = 5 \cdot t^2 \quad (2)$$

(1) ve (2) denklemleri kullanılarak topun merdivene çarpası için geçen süre

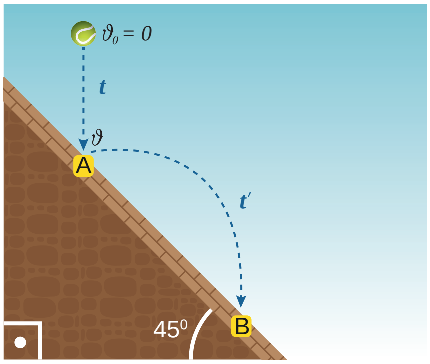
$$\frac{n \cdot 0,3}{n \cdot 0,3} = \frac{2 \cdot t}{5 \cdot t^2}$$

$t = 2/5\ s$ bulunur. (1) ya da (2) No.lu denklemlerden (1) No.lu denklem kullanıldığında topun düştüğü basamak

$$n \cdot 0,3 = 2 \cdot \frac{2}{5}$$

$n = 2,66$ bulunur. Top 3. basamağa çarpar.

1.53. Soru



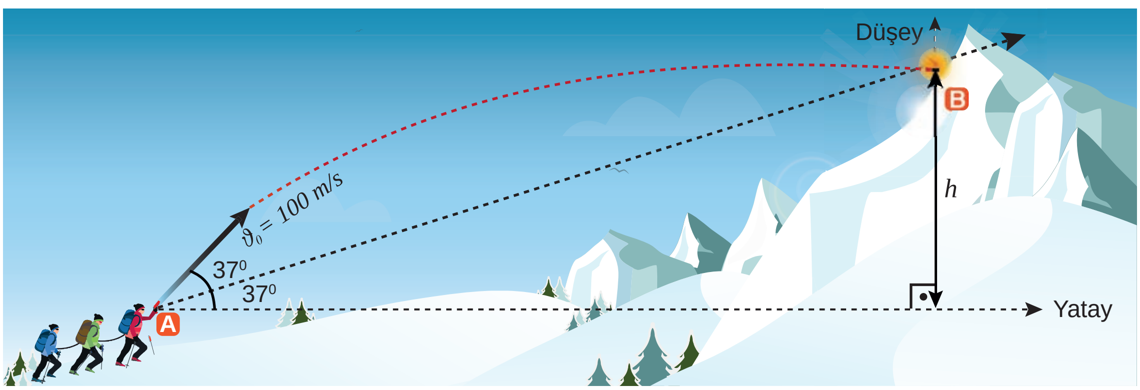
Bir tenis topu, eğik düzlemin üzerinden serbest düşmeye bırakıldığında şekildeki yörüngeyi izlemektedir. Top, t süre sonra eğik düzlem üzerindeki A noktasına ϑ hız büyüklüğü ile çarparak aynı hız büyüklüğü ile yatay olarak A noktasından ayrılıp t′ süre sonra B noktasına çarpmaktadır.

Buna göre t′ kaç t olur?

($\cos 45° = \sin 45° = \sqrt{2}/2$; $g = 10\ m/s^2$ alınız. Tenis topu ile eğik düzlem arasında çarpışma süresi içindeki zaman kaybını ve sürtünmeleri ihmal ediniz.)

Cevap

FİNAL SORUSU



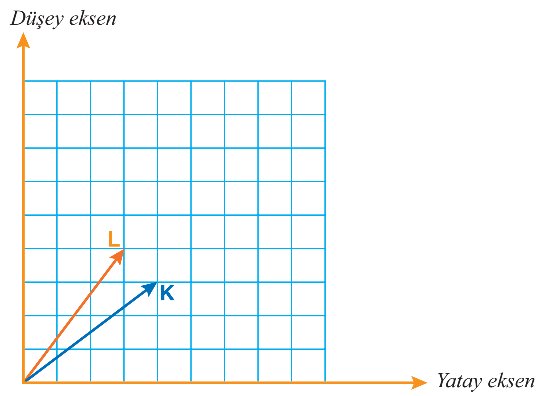
Bir arama kurtarma ekibi görevlisi, dağın eteğindeki A noktasından yatayla 74° açı yapacak şekilde ve 100 m/s hızla bir işaret fişeği atmaktadır.

Fişek yatay doğrultudan h yükseklikteki B noktasına düştüğüne göre h yüksekliği kaç m'dir?

($\cos 37° = 0,8$; $\sin 37° = 0,6$; $g = 10\ m/s^2$ alınız. Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

5. BÖLÜM ÇALIŞMA SORULARI

1. Soru



Birim karelere ayrılmış sistemde K ve L cisimlerine ait ilk hız vektörleri verilmiştir. K ve L cisimleri sırasıyla yatayda x_K ve x_L yollarını almaktadır.

Buna göre x_K / x_L kaçtır?

($g = 10$ m/s² alınız. Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

2. Soru

Hava sürtünmelerinin ihmal edildiği ortamda ilk hızı 10 m/s olan bir cisim yatay atış hareketi yapmaktadır. Cismin atıldığı anda yerden yüksekliği 45 m olduğuna göre

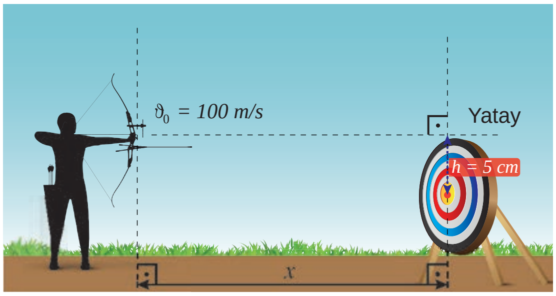
a) Uçuş süresi kaç s'dir?

b) Menzil uzaklığı kaç m'dir?

c) Yere çarptığında hızının düşey bileşeni kaç m/s'dir?

($g = 10$ m/s² alınız.)

3. Soru

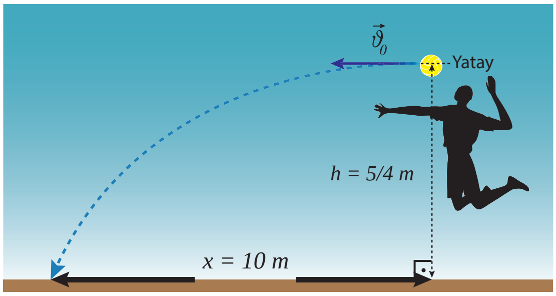


Okçuluk ile ilgilenen sporcu, bir oku 100 m/s hız büyüklüğü ile yatay doğrultuda atarak hedef tahtasının orta noktasına isabet ettirmek istemektedir.

Hedef tahtasının orta noktası, yatay çizginin h = 5 cm altında olduğuna göre sporcunun oku kaç m yatay uzaklıktan atması gerekmektedir?

($g = 10$ m/s² alınız. Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

4. Soru



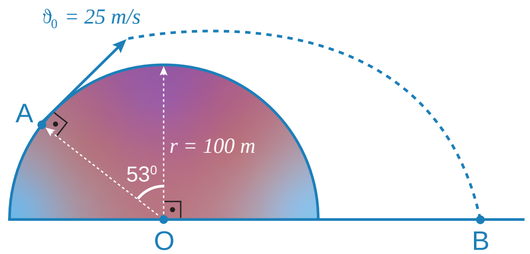
Voleybol oynayan sporcu, bir topu 5/4 m yükseklikten ϑ_0 hız büyüklüğü ile yatay olarak atmaktadır.

Top yatay atış hareketi yaparak 10 m ileriye düştüğüne göre ϑ_0 kaç m/s'dir?

($g = 10$ m/s² alınız.)

Devam ediyor.

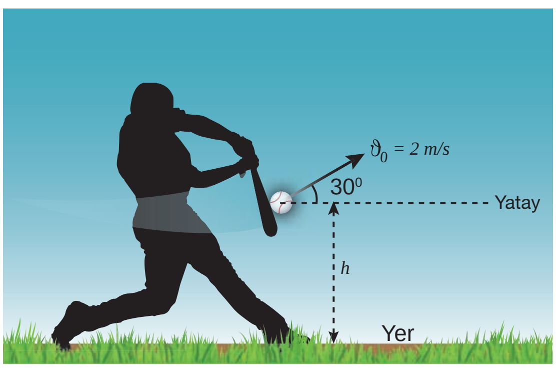
5. Soru



Merkezi O noktası olan yarım küre şeklindeki tepenin yarıçapı 100 m'dir. Küre üzerindeki A noktasından 25 m/s hız büyüklüğü ile bir işaret fişeğine eğik atış hareketi yaptırılıp B noktası hedef alınarak atılmaktadır.

Buna göre işaret fişeğinin B noktasına düşüp düşemeyeceğini nedeni ile belirtiniz.

6. Soru

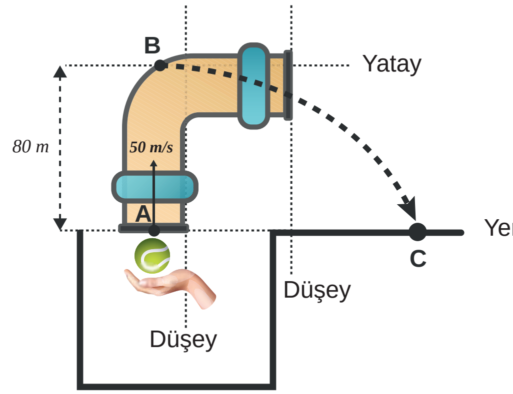


Sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda beyzbol oynayan bir sporcu, topa 2 m/s hız büyüklüğü ile yatayla 30° açı yapacak şekilde vurmaktadır.

Topun uçuş süresi 0,3 s olduğuna göre topa vurulduğu anda topun yerden yüksekliği kaç cm'dir?

($\cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2}$; $\sin 30° = \frac{1}{2}$; $g = 10\ m/s^2$ alınız. Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

7. Soru

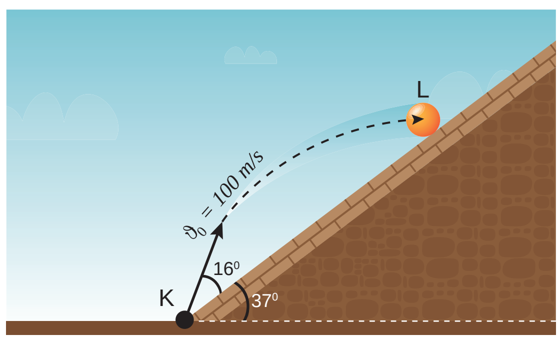


Bir tenis topu, şekildeki silindirik borunun A noktasından 50 m/s ilk hızla düşey doğrultuda ve yukarı yönde atılmaktadır.Top, B noktasına çarparak bu noktada sahip olduğu hız büyüklüğü ile yatay atış hareketi yaparak C noktasına çarpmaktadır. *(Tenis topunun boruya temas anındaki etkileşim süresini ihmal ediniz.)*

A ve B noktaları arası düşey uzaklık 80 m olduğuna göre A ve C noktaları arasındaki yatay uzaklık kaç m'dir?

($g = 10\ m/s^2$ alınız. Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

8. Soru



Hava sürtünmelerinin ihmal edildiği ortamda eğim açısı 37° olan eğik düzlemin K noktasından yatayla 53°lik açı ve 100 m/s hız büyüklüğü ile atılan cisim t süresi sonunda L noktasına çarpıyor.

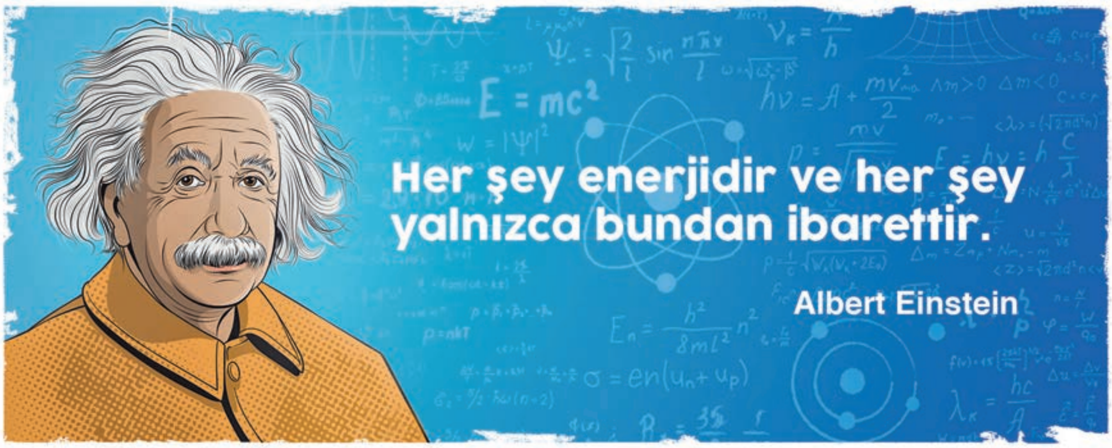
Buna göre t kaç s'dir?

($\cos 53° = 0,6$; $\sin 53° = 0,8$; $g = 10\ m/s^2$ alınız.)

1.6. ENERJİ VE HAREKET

HAZIR MISINIZ?

HER ŞEY ENERJİDİR



Albert Einstein'ın (Albırt Aynştayn) bu sözünde bahsettiği gibi evrendeki her oluşumun başlangıç noktası enerjidir. Yaşamın her anında enerjiye ihtiyaç duyulur ve enerjinin farklı çeşitleriyle karşılaşılır. Bir nehrin akışındaki kinetik enerji, barajlardaki suyun yer çekimi potansiyel enerjisi, Güneş'ten gelen ısı enerjisi bazı enerji türlerine örnek olarak verilebilir.

Enerjinin yok olması gibi bir durum söz konusu değildir. Enerji bir türden başka bir türe dönüşebilir. Örneğin nehrin akışındaki kinetik enerji ve barajlardaki yer çekimi potansiyel enerji, türbinler vasıtasıyla elektrik enerjisine çevrilebilir. Bu şekilde elektrik enerjisi lambalar ile ışık enerjisine, çamaşır makinesi ile kinetik enerjiye ve ısıtıcılar ile ısı enerjisine dönüşebilir.

Günlük hayatta market poşeti taşıyan, kitap okuyan, düşünen ya da kondisyon bisikleti süren kişi iş yapmış kabul edilir mi? Valiz çeken bir kişi fiziksel anlamda bir iş yapar mı?

1. soru: Buna göre günlük hayatta karşınıza çıkan enerji türlerine yukarıdaki örneklerden (kinetik, potansiyel enerji vb.) farklı olarak neler ekleyebilirsiniz?

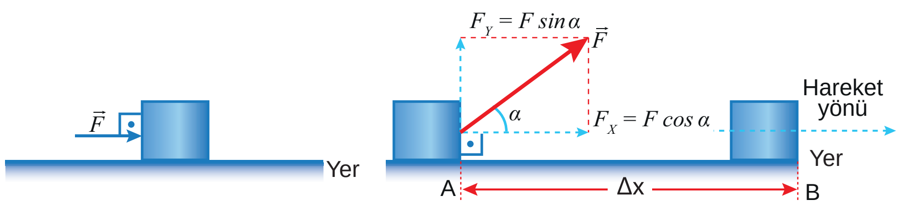
....
....
....
....
....

2. soru: Enerji dönüşümü ile ilgili deneyimlediğiniz bir durumu açıklayınız.

....
....
....
....
....

1.6.1. İŞ VE ENERJİ

Bir cisme kuvvet uygulandığında kuvvet, kendisi veya bileşenleri doğrultusunda cismi hareket ettirebiliyorsa cismin üzerinde iş yapmış sayılır. Valizi çeken bir kişi valize uyguladığı kuvvetin yatay bileşeni ile yatayda yol aldıracağından fiziksel anlamda iş yapar. Kondisyon bisikletindeki kişi ise bisiklete kuvvet uygulamasına rağmen bisiklet yer değiştirmediği için fiziksel anlamda iş yapmaz. İş, W sembolü ile gösterilir ve işin birimi jouledür (J).



***a)** Cisme yatay doğrultuda etki eden kuvvet* ***b)** Cisme yatayla α açısı yaparak etki eden kuvvet*

***Şekil 1.41:** Cisme etki eden kuvvetler*

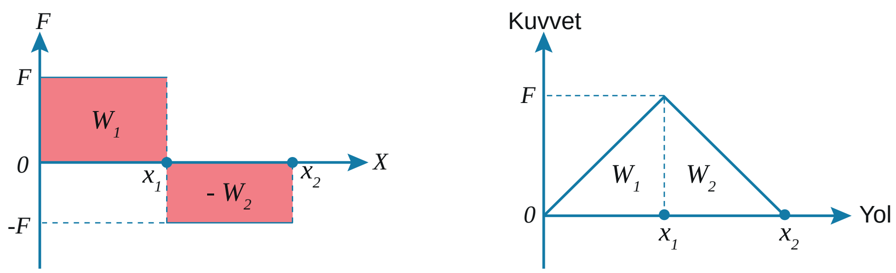
Şekil 1.41.a'daki gibi $\vec{F}$ kuvvetinin etkisiyle $\vec{F}$ kuvvetine paralel doğrultuda $\Delta\vec{x}$ kadar yer değiştiren cisim üzerinde yapılan işin büyüklüğü

$W = F \cdot \Delta x$ bağıntısından bulunur.

Şekil 1.41.b'deki gibi kuvvet cismin hareket doğrultusuna paralel olmadığı durumda kuvvetin hareket doğrultusuna paralel bileşeni bulunarak yapılan iş

$W = F \cdot \cos\alpha \cdot \Delta x$ bağıntısı ile hesaplanır.

Cisme etki eden kuvvetin yönü ve büyüklüğü değiştiğinde işi bulmak için cisimlere ait F-x grafiği kullanılabilir. F-x grafiğinde eğrinin altında kalan alan yapılan işe eşittir (Grafik 1.15).



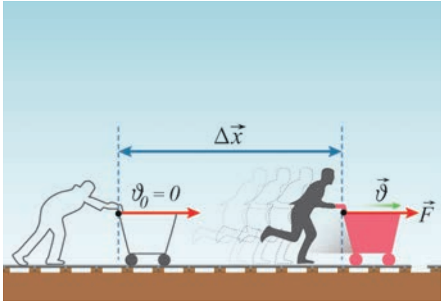
***a)** Yönü değişen sabit büyüklükteki kuvvetin F-x grafiği* ***b)** Aynı yönde büyüklüğü değişen kuvvetin F-x grafiği*

***Grafik 1.15:** Yapılan iş ile F-x grafiğinin ilişkisi*

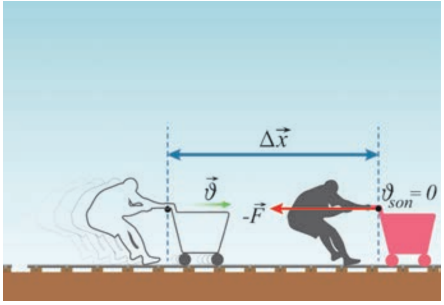
Kuvvetin yaptığı iş

Grafik 1.15.a için $W = W_1 - W_2 = F \cdot x_1 - F \cdot x_2$

Grafik 1.15.b için $W = W_1 + W_2 = \dfrac{F \cdot x_1}{2} + \dfrac{F \cdot (x_2 - x_1)}{2}$ şeklindeki eşitlik yazılarak bulunur.



a) *Araca etki eden kuvvet*



b) *Aracın hareketine tersi yönde etki eden kuvvet*

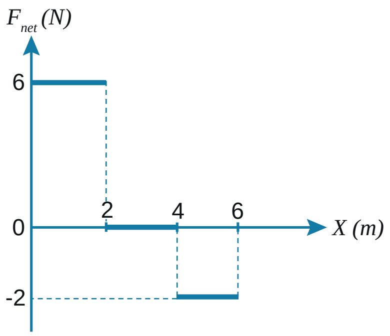
Şekil 1.42: *Doğrusal yörüngede araca etki eden kuvvet*

Şekil 1.42'de sürtünmelerin ihmal edildiği raylı sistemde ray üzerinde doğrusal olarak hareket edebilen bir araç verilmiştir. Araç durgunken araca $\vec{F}$ kuvveti uygulandığında araç kuvvet ile aynı yönde hızlanır (Şekil 1.42.a). Bu durumda kuvvet araç üzerinde pozitif iş yapar. Araç hareket hâlinde iken kuvvet aracın hareketine ters yönde uygulanırsa araç yavaşlar ve bir süre sonra durur (Şekil 1.42.b). Bu durumda kuvvet, aracın üzerinde negatif iş yapar.

Cisme birden fazla kuvvet etki ettiğinde yapılan iş, net kuvvetin yaptığı iştir (W_{net}). Net iş pozitif ve negatif yönde yapılan işlerin cebirsel toplamı

$W_{net} = W_1 + (-W_2)$ şeklindedir.

1.49. Örnek



Yatay düzlemde $t = 0$ anında durmakta olan cisme ait $F_{net} - X$ grafiği verilmiştir.

Buna göre cisim üzerine yapılan net iş kaç J olur?

Çözüm

Pozitif iş

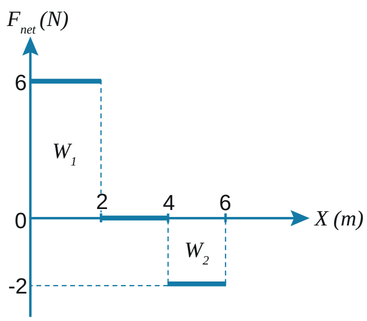
$W_1 = 6 \cdot 2 = 12\ J$,

negatif iş

$W_2 = -2 \cdot 2 = -4\ J$ bulunur.

Buradan net iş

$W_{net} = 12 - 4 = 8\ J$ bulunur.



A) Esneklik Potansiyel Enerjisi

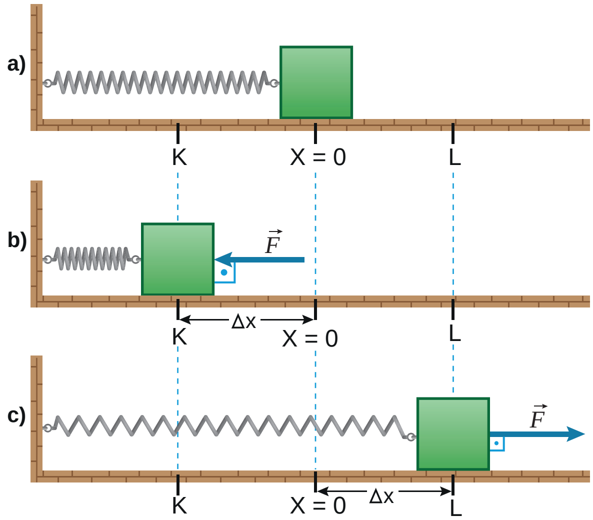
Konu ile ilgili video için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

Kuvvet etki ettiğinde şekil değiştiren esnek cisimler, kuvvet ortadan kaldırıldığında eski durumlarına geri döner. Yay gibi esnek cisimlerin denge durumlarına geri dönmelerinin nedeni geri çağırıcı kuvvettir. Yaya bir kuvvet etki ettiğinde yaydaki uzama veya sıkışma miktarının büyüklüğünü belirleyen nicelik, yay sabitidir. Yay sabiti k sembolü ile gösterilir ve birimi N/m'dir.

Sürtünmelerin ihmal edildiği Şekil 1.43'te denge durumundaki yaya uygulanan kuvvet sonucu meydana gelen uzama ve sıkışma durumları görülmektedir. Şekil 1.43.a'da yay denge konumundayken m kütleli cisim hareketsizdir. Cisme Şekil 1.43.b'deki gibi bir $\vec{F}$ kuvveti uygulandığında yay $\Delta\vec{x}$ kadar sıkışır. Cisme Şekil 1.43.c'deki gibi bir $\vec{F}$ kuvveti uygulandığında ise yay $\Delta\vec{x}$ kadar uzar. $\Delta\vec{x}$, denge konumundan ölçülen yayın uzunluğundaki değişimdir. Yaydaki uzama veya sıkışma miktarı $\vec{x}$ uygulanan kuvvet $\vec{F}$ ve yay sabiti k'ye bağlıdır. Bu değişkenler arasındaki ilişki **Hooke Yasası (Huk Yasası)** olarak bilinen $\vec{F} = -k \cdot \vec{x}$ bağıntısı ile ifade edilir.

Hooke Yasası'ndaki (-) işaretinin anlamı, geri çağırıcı kuvvet ile konum vektörünün yönlerinin birbirine zıt olmasıdır.

Esnek maddelerde kuvvet etkisiyle oluşturulan veya depo edilen enerjiye **esneklik potansiyel enerjisi $E_{p(yay)}$** denir. Sıkıştırılmış ya da gergin bir yayda, kurulmuş bir saat zembereğinde, gerilmiş bir lastikte depo edilen enerji, esneklik potansiyel enerjisidir. Okçuluk yarışmalarında sporcu uyguladığı kuvvet ile yayı gererek yayda esneklik potansiyel enerjisi depolar (Görsel 1.12). Sporcu yayı bıraktığı anda depolanan bu enerji oka aktarılarak okun fırlamasını ve hedefe doğru ilerlemesini sağlar.



***Şekil 1.43:** Denge durumundaki yaya uygulanan kuvvet sonucu meydana gelen uzama ve sıkışma durumları*

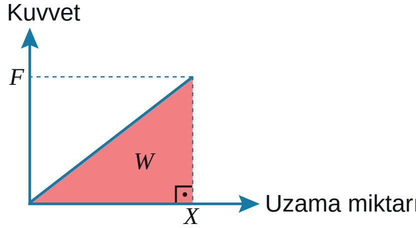


***Görsel 1.12:** Kuvvet ile yayın gerilmesi*

Esneklik potansiyel enerjisi sıkıştırılan veya gerilen cismin cinsine, uzama veya sıkıştırma miktarına bağlıdır. Esneklik sınırı aşılmaması koşuluyla yayda depolanan esneklik potansiyel enerjisi, yaya uygulanan kuvvet-yayın uzama miktarı grafiğinde grafik ile yatay eksen arasındaki taralı alandan bulunabilir (Grafik 1.16). Buna göre

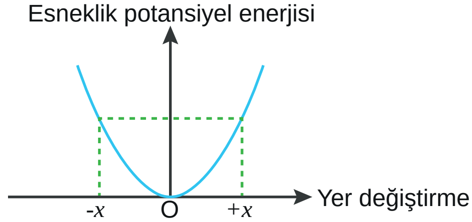
$$Alan = W = E_{p_{yay}} = \frac{F \cdot x}{2} = \frac{k \cdot x \cdot x}{2}$$

$E_{p_{yay}} = \frac{1}{2} k \cdot x^2$ olur.



***Grafik 1.16:** Kuvvet-uzama miktarı grafiği*

Yayda depolanan esneklik potansiyel enerjisinin uzamaya bağlı grafiği, Grafik 1.17'deki gibidir. Yay sabitinin büyüklüğü değiştirilmeden sadece yayın uzama miktarı değiştirilirse esneklik potansiyel enerjisi-yer değiştirme grafiği parabol şeklinde olur. Grafik eğrisinin parabol olmasının nedeni esneklik potansiyel enerjisinin yayın uzama miktarının karesiyle doğru orantılı olmasıdır.



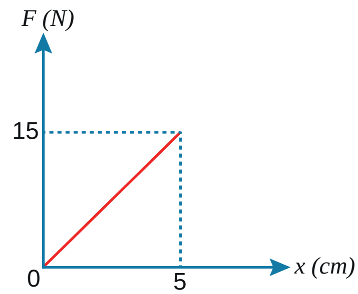
***Grafik 1.17:** Esneklik potansiyel enerjisi-yer değiştirme grafiği*

MERAKLISINA

Tarihte kullanılan mancınık sistemini araştırınız. Günümüzde Hooke Yasası'nın hangi mühendislik tasarımlarında ne şekilde kullanıldığını açıklayınız.

Konu ile ilgili çözümlü örnek için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

1.50. Örnek



Bir yayın F-x grafiği şekildeki gibidir. Yay 15 cm sıkıştırıldığında

a) Yaya uygulanan kuvvet kaç N olur?

b) Yayda depolanan esneklik potansiyel enerjisi kaç J olur?

Çözüm

Yay sabiti F–x grafiğinin eğiminden bulunur. Yay sabiti

$k = \frac{F}{x} = \frac{15}{5 \cdot 10^{-2}} = \frac{3}{10^{-2}} = 300\ N/m$ bulunur.

a) Yay 15 cm sıkıştırıldığında yayın cisme uyguladığı kuvvet

$F = k \cdot x$

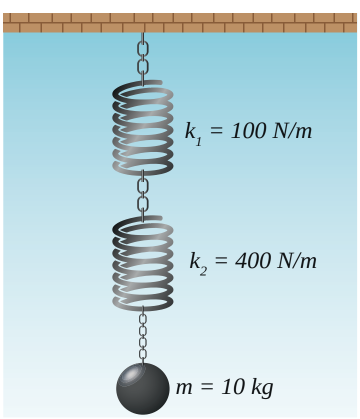
$= 300 \cdot 15 \cdot 10^{-2}$

$= 45\ N$ bulunur.

b) Yayda depolanan esneklik potansiyel enerjisi

$E_{p_{yay}} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 = \frac{1}{2} \cdot 300 \cdot (15 \cdot 10^{-2})^2 = 3,375\ J$ bulunur.

1.51. Örnek



Yay sabitleri k_1 = 100 N/m ve k_2 = 400 N/m olan iki yay, seri olarak bağlanmıştır. Yayların oluşturduğu sisteme zincirler yardımıyla 10 kg kütleli cisim asılmıştır.

Buna göre yaylarda depolanan toplam esneklik potansiyel enerjisi kaç J olur?

(Yayların ve zincirlerin ağırlıklarını ihmal ediniz. $g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Çözüm

Sistemde bulunan yayların her biri için gerilme kuvveti aynıdır. Gerilme kuvvetine F ve uzama miktarına x denildiğinde

$F = k \cdot x$ birinci yay için

$m \cdot g = k_1 \cdot x_1$

$10 \cdot 10 = 100 \cdot x_1$

$x_1 = 1\ m$ bulunur.

İkinci yay için

$100 = k_2 \cdot x_2$

$100 = 400 \cdot x_2$

$x_2 = 0,25\ m$ bulunur.

Yaylarda depo edilen esneklik potansiyel enerjilerine birinci yay için E_1 ve ikinci yay için E_2 denildiğinde

$E_1 = 1/2 \cdot k_1 \cdot (x_1)^2$

$E_1 = 1/2 \cdot 100(1)^2$

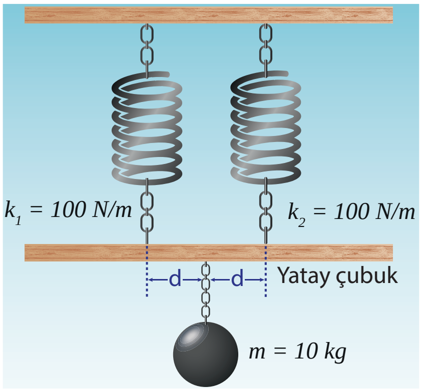
$E_1 = 50\ J$ bulunur.

$E_2 = 1/2 \cdot 400 \cdot (0,25)^2$

$E_2 = 12,5\ J$ bulunur. Toplam enerji

$E_{top} = 50 + 12,5 = 62,5\ J$ olur.

1.55. Soru



Yay sabitleri k_1 = 100 N/m ve k_2 = 100 N/m olan yaylar paralel olarak bağlanmışlardır. Yayların oluşturduğu sisteme kütlesi 10 kg olan cisim ağırlığı ihmal edilen zincirlere eşit uzaklıktan asılmıştır.

Buna göre yaylarda depolanan toplam esneklik potansiyel enerjisi kaç J olur?

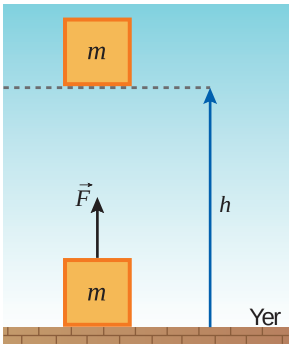
($g = 10\ m/s^2$ alınız. Çubuğun ve yayların ağırlıklarını ihmal ediniz.)

Cevap

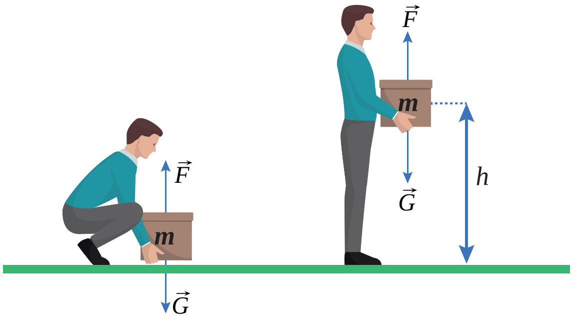
B) Yer Çekimi Potansiyel Enerjisi

Bir cisim, Şekil 1.44'teki gibi yerden düşey yukarıya doğru cismin ağırlığına eşit bir kuvvetle hareket ettirildiğinde yer çekimine karşı iş yapılır. Bu iş, cisme **yer çekimi potansiyel enerjisi** (E_p) olarak aktarılır.

Yerde duran bir cisme ağırlığına zıt yönde ve eşit büyüklükte kuvvet uygulandığında cisim üzerindeki net kuvvet sıfır olur. Bu durumda cisim, Newton'ın Birinci Hareket Yasası gereği kendi konumunu koruma eğilimindedir. Cisim başlangıçta durgun olduğundan durgunluğunu koruyacaktır. Aynı şekilde durgun bir cismi yerden kaldırıp sabit hızla hareket ettirebilecek kuvvet de cismin ağırlığına eşit büyüklükte ve zıt yönde kabul edilir. Ancak cisim başlangıçta durgun olduğundan istenilen sabit hıza ulaşması için cisme anlık olarak ağırlığından büyük bir kuvvet uygulanmalıdır. Daha sonra uygulanan kuvvetin büyüklüğü cismin ağırlık büyüklüğüne eşitlenerek sabit hızla yükselmesi sağlanabilir. Fakat soru çözümlerinde yerde duran bir cismin durgunluğunu koruması için gereken en büyük kuvvet ya da cismin sabit hızla yükselmesi için gereken kuvvet denildiğinde her iki durumda da uygulanacak kuvvet cismin ağırlığına eşit büyüklükte ve zıt yönde kabul edilmelidir (Görsel 1.13).



Şekil 1.44: *$\vec{F}$ kuvvetiyle sabit hızla h kadar yükselen m kütleli cisim*



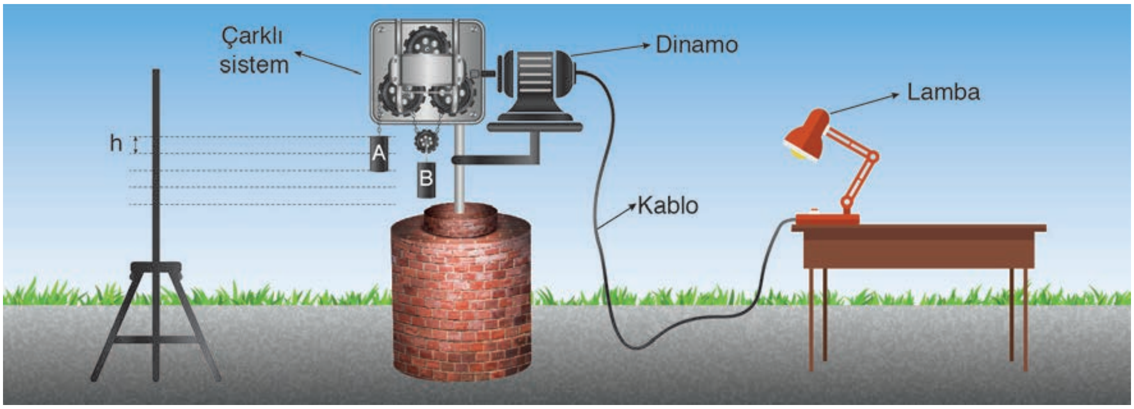
Görsel 1.13: *m kütleli cismin potansiyel enerji değişimi*

5. ETKİNLİK

Etkinlik Adı	**ENERJİNİN POTANSİYELİ**	30 dk.
Amacı	Yer çekimi potansiyel enerjisini ve bağlı olduğu değişkenleri enerji dönüşümleri yardımıyla açıklayabilme.	Grup etkinliği

1. Yönerge: *Öğretmeninizin rehberliğinde eşit sayıda olacak biçimde gruplara ayrılınız.*

2. Yönerge: *Yer çekimi potansiyel enerjisini ve bağlı olduğu değişkenleri enerji dönüşümleri yardımıyla tespit etmeye yarayan bir deney düzeneği verilmiştir. Bu deney düzeneği ile ilgili metinde verilen bilgileri dikkate alarak aşağıdaki soruları cevaplayınız.*



Bir kütlenin konumundan dolayı sahip olduğu enerji olan kütle çekim potansiyel enerjisini ve bağlı olduğu değişkenleri enerji dönüşümleri yardımıyla tespit etmeye yarayan bir deney düzeneği verilmiştir. Deney düzeneğindeki eşit kütleli A ve B hareketli cisimleri serbest bırakıldıktan sonra, A cismi inerken B cismi çıkmakta ve bu durumun sonucunda çarklı sistemde toplam tur sayısıyla doğru orantılı bir hareket enerjisi oluşmaktadır. Oluşan hareket enerjisi, dinamo yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülerek depolanmakta ve kablolar yardımıyla lambaya aktarılmaktadır. Lambadaki ışık şiddeti, ışık sensörü ile ölçülmektedir.

Şekilde mesafe ölçümü için kullanılan metre üzerinde her biri h genişliğinde eşit aralıklarla işaretlenmiş, birbirine paralel yükseklik göstergeleri görülmektedir. A hareketli cismi 2h kadar indiğinde eş zamanlı olarak B cismi h kadar çıkmakta ve dişlilerdeki toplam tur sayısı göstergesi n rakamını gösterirken lambadaki ışık sensörü ışık şiddetini I olarak ölçmektedir.

Sorular

1. Enerjinin korunumu prensibine göre çarklı sistemin dişlilerindeki hareket enerjisinin kaynağı nedir? Gerekçelendirerek açıklayınız.

....

....

2. A cismi 2h inip B cismi h kadar çıktığı anda cisimlerin kütle çekim potansiyel enerjilerindeki değişim miktarlarını bulunuz. Toplam kütle çekim potansiyel enerjisinin değişip değişmemesinden ortaya çıkan sonuçları yorumlayınız.

....

....

3. Lambadaki ışık şiddeti 2I olduğunda çarklı sistemdeki toplam tur sayısını ve bu sonucun sebebi olarak hareketli kütlelerin hangi yöne kaç h hareket etmesi gerektiğini belirtiniz.

....

....

Devam ediyor.

4. Bir cismin kütle çekim potansiyel enerjisi ile yerden yüksekliği arasında nasıl bir ilişki vardır? İlişkiyi, etkinlikteki deney sonuçları ile karşılaştırarak yorumlayınız.

....

....

....

3. Yönerge: Etkinlikteki deney düzeneği, yeryüzü çekim ivmesinin iki katı büyüklüğünde çekim ivmesine sahip olan bir başka gezegene götürülerek cisimler serbest bırakıldığında A cismi 2h inerken B cismi h kadar çıkmıştır. Tur sayısı göstergesi 2n'yi, ışık sensörü 2I'yı göstermektedir. Bu sonucu dikkate alarak aşağıdaki soruyu yanıtlayınız.

Soru

Bir cismin kütle çekim potansiyel enerjisi ile bulunduğu gezegenin çekim ivmesi arasında nasıl bir ilişki vardır? Etkinlikteki deney sonuçları ile bunu yorumlayınız.

....

....

....

....

4. Yönerge: *Yeryüzündeki etkinlik deneyinde kullanılan hareketli cisimlerin kütleleri iki katına çıkartılıp cisimler serbest bırakılırsa aralarında tekrar h kadar yükseklik farkı oluştuğunda toplam tur sayısı göstergesi 2n'yi gösterirken ışık sensörü 2I'yı ölçmektedir. Bu sonucu dikkate alarak aşağıdaki soruları yanıtlayınız.*

1. Bir cismin kütle çekim potansiyel enerjisi ile cismin kütlesi arasında nasıl bir ilişki vardır? Bu ilişkiyi, etkinlikteki deney sonuçları ile yorumlayınız.

....

....

....

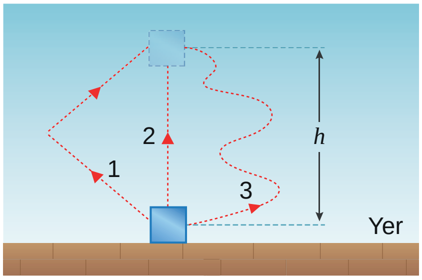
2. Cisimlerin kütle çekim potansiyel enerjileri hangi değişkenlerden etkilenmektedir? Bu değişkenleri kullanarak kütle çekim potansiyel enerjisine yönelik bağıntıyı yazınız.

....

....

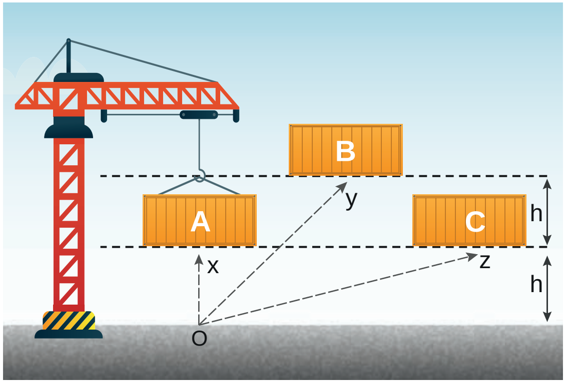
....

AKLINDA BULUNSUN



Bir cismi h yüksekliğine çıkarmak için yapılan iş, cismi çıkarırken izlenen yolun şekline ve uzunluğuna bağlı değildir.

1.52. Örnek



Şekildeki vinç, yatay zeminde bulunan O noktasından m kütledeki A, B ve C konteynerleri sırasıyla x, y ve z konumlarına taşımaktadır. Vincin yer çekimine karşı A, B ve C konteynerleri için yaptığı iş W_A, W_B ve W_C olduğuna göre

a) **W_A, W_B ve W_C arasındaki büyüklük ilişkisi nedir?**

b) **Vincin konteynerleri taşımak için yer çekimine karşı yaptığı toplam iş kaç mgh olur?**

Çözüm

a) Vincin yer çekimine karşı A, B ve C konteynerleri için yaptığı iş

$W_A = m \cdot g \cdot h$

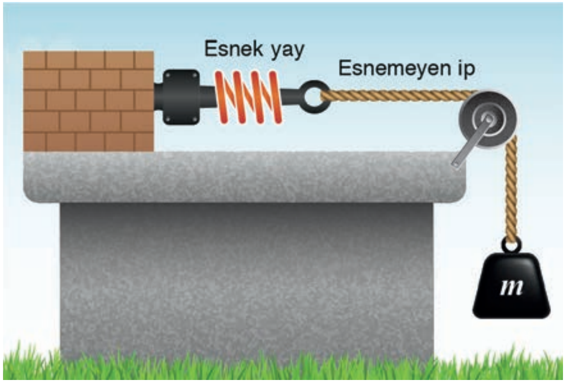
$W_B = m \cdot g \cdot 2h$

$W_C = m \cdot g \cdot h$ olarak bulunur. Bu durumda vincin konteynerleri taşımak için yaptığı işler arasındaki büyüklük ilişkisi: $W_B > W_A = W_C$ şeklinde elde edilir.

b) Vincin konteynerleri taşımak için yer çekimine karşı yaptığı toplam iş

$W = W_A + W_B + W_C = m \cdot g \cdot h + m \cdot g \cdot 2h + m \cdot g \cdot h = 4\,mgh$ bulunur.

1.56. Soru



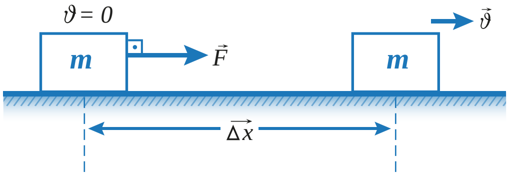
Sürtünmesi ihmal edilen ortamda m kütleli bir cisim, esnemeyen ve ağırlığı önemsiz bir ip yardımıyla esnek yaya bağlı olarak dengededir. Cismin kütlesinin azaltılması durumunda

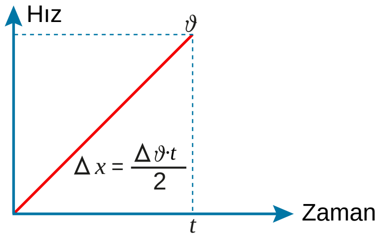
a) **Yayın boyundaki değişimi açıklayınız.**

b) **Yayın esneklik potansiyel enerjisindeki değişimini açıklayınız.**

Cevap

C) Kinetik Enerji





***Şekil 1.45:** Sabit kuvvet etkisinde düzgün hızlanan cisim*

***Grafik 1.18:** Hız-zaman grafiği*

Sürtünmesiz yatay düzlem üzerinde durmakta olan bir cisme sabit kuvvet uygulanarak cismin yer değiştirmesi sağlanırsa cisim sabit ivmeli hareket ederek düzgün hızlanır (Şekil 1.45). Bu durumda kuvvetin yaptığı iş, cisme kinetik enerji (E_k) olarak aktarılır. Yapılan iş, kuvvet ile kuvvete paralel $\Delta\vec{x}$ yolunun çarpımına eşittir. Grafik 1.18'de verilen cisme ait hız-zaman grafiğinde grafik ile yatay eksen arasında kalan alan yer değiştirmeyi ($\Delta\vec{x}$) verir. Buna göre

$$\Delta x = \frac{\Delta\vartheta \cdot t}{2}$$

$W = F \cdot \Delta x$ ve $F = m \cdot a$ olduğundan

$$W = m \cdot a \cdot \frac{\Delta\vartheta \cdot t}{2} = m \cdot \frac{\Delta\vartheta}{t} \cdot \frac{\Delta\vartheta \cdot t}{2} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \Delta\vartheta^2$$ bulunur.

İlk hızı ϑ_0 olan cisme hızı yönünde $\Delta\vec{x}$ yolu boyunca kuvvet uygulandığında kuvvetin cisim üzerinde yaptığı iş, cismin son kinetik enerji değerinden ilk kinetik enerji değerini çıkardığınızda bulduğunuz değişim miktarına eşittir. Buna göre $W = \Delta E_k = E_{k(son)} - E_{k(ilk)}$ bulunur.

1.53. Örnek

	Kütle (kg)	Hız (m/s)
X	2	2
Y	4	1
Z	1	4

Doğrusal bir yolda hareket eden X, Y ve Z araçlarına ait kütle ve hız değerleri tabloda verilmiştir.

X, Y ve Z araçlarının kinetik enerjileri E_x, E_y ve E_z olduğuna göre E_x, E_y ve E_z yi büyükten küçüğe sıralayınız.

Çözüm

X, Y ve Z araçlarının kinetik enerjilerine ait büyüklük ilişkisi

$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \vartheta^2$ bağıntısından

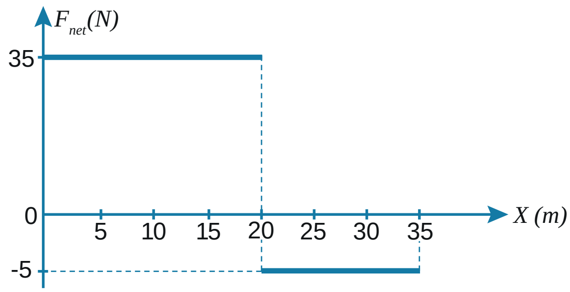
$$E_x = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot (2)^2 = 4\,J$$

$$E_y = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot (1)^2 = 2\,J$$

$$E_z = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot (4)^2 = 8\,J$$

$E_z > E_x > E_y$ bulunur.

1.57. Soru

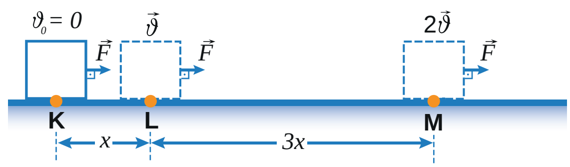


Başlangıçta yatay düzlemde durmakta olan 2 kg kütleli cismin net kuvvet-konum grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre cismin 35 m sonundaki hızı kaç m/s bulunur?

Cevap

1.58. Soru

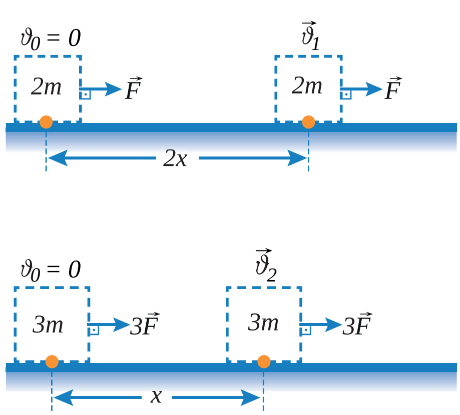


Sürtünmelerin ihmal edildiği yatay düzlemde durgun hâlden harekete geçen bir cisme ait etki eden kuvvet, hız ve alınan yol bilgileri verilmiştir.

Cisim KL ve LM mesafelerini eşit sürede geçmiştir. Cisim üzerinde KL noktaları arasında yapılan iş W_1 ve LM noktaları arasında yapılan iş W_2 olduğuna göre W_1/W_2 oranı kaçtır?

Cevap

1.59. Soru



Sürtünmelerin ihmal edildiği yatay düzlemde 2m ve 3m kütleli cisimler, sabit F ve 3F büyüklüğündeki kuvvetlerin etkisiyle sırasıyla 2x ve x yollarını alıyor.

Cisimler bu yolları aldıktan sonra ϑ_1 ve ϑ_2 hız büyüklüklerine ulaştıkları bilindiğine göre $\vartheta_1 / \vartheta_2$ oranı kaçtır?

Cevap

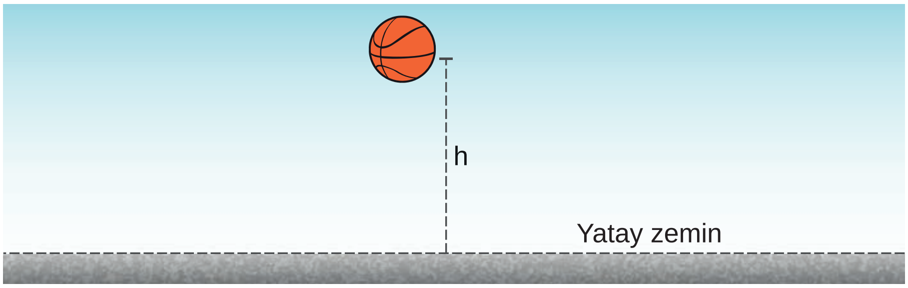
1.6.2. MEKANİK ENERJİ VE KORUNUMU

Bir cismin sahip olduğu kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamına **mekanik enerji (E_m)** denir. Mekanik enerji

$E_m = E_K + E_P$ dir.

m kütleli basketbolcu, topu yatay zemine göre h yüksekliğinde tuttuğunda topun hızı olmadığı için kinetik enerjisi yoktur. Yere göre $E_p = m \cdot g \cdot h$ kadar potansiyel enerjiye sahiptir. Basketbolcu topu bıraktığında top hız kazanırken kinetik enerji artmaya başlar. Hava direnci gibi etkiler ihmal edildiğinde topun kinetik enerjisi artar, potansiyel enerjisi azalır (Şekil 1.46).

Konu ile ilgili video için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.



Şekil 1.46: *h yüksekliğinden serbest düşen basketbol topu*

Bir hidroelektrik santralinde su barajda tutulduğunda potansiyel enerjiye sahiptir. Baraj kapakları açılıp su akmaya başladığında suyun potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüşür. Dönüşme sırasında potansiyel enerjideki azalma kinetik enerjideki artışı oluşturduğundan kinetik enerji ve potansiyel enerjilerin toplamı sabit kalır. Bu durum **mekanik enerji korunumu** olarak adlandırılır. Bir sistemin enerjisi, mekanik enerjinin korunumu ilkesine göre

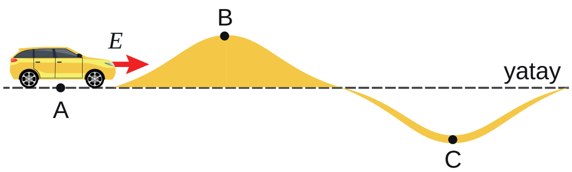
$E_{ilk} = E_{son}$

$E_{p(ilk)} + E_{k(ilk)} = E_{p(son)} + E_{k(son)}$ olarak ifade edilebilir.

Bu ifade yalnızca kütle çekimi kuvvetlerini etkisi altında olan ayrıca sürtünme ve hava direnci gibi enerji kaybına yol açan kuvvetlerin bulunmadığı ya da yok sayılabilecek derecede küçük olduğu yalıtılmış sistemler için geçerlidir.

Konu ile ilgili çözümlü örnek için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

1.54. Örnek



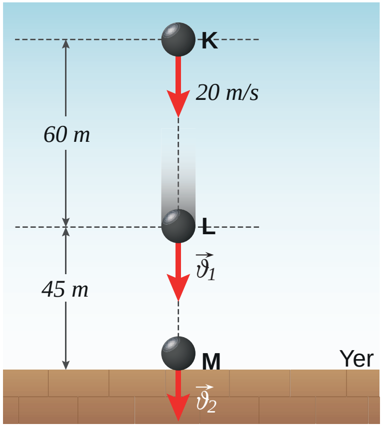
Şekildeki sürtünmelerin ihmal edildiği yolun A noktasından E kinetik enerjisi ile geçen bir arabanın B ve C noktalarındaki kinetik enerji değerleri de E'dir.

Buna göre arabanın sürücüsü hangi noktalar arasında gaz veya fren pedalına basmış olabilir? Açıklayınız.

Çözüm

Sürücü A noktasından B noktasına giderken arabanın mekanik enerjisi sabit kalsaydı arabanın potansiyel enerjisi arttığı için kinetik enerjisi azalırdı. Arabanın kinetik enerjisi değişmediğine göre sürücü gaz pedalına basmıştır. B noktasından geçen arabanın mekanik enerjisi sabit kalsaydı C noktasındaki kinetik enerjisi E'den büyük olurdu. C noktasındaki kinetik enerjisi de E olduğuna göre sürücü frene basmıştır.

1.60. Soru



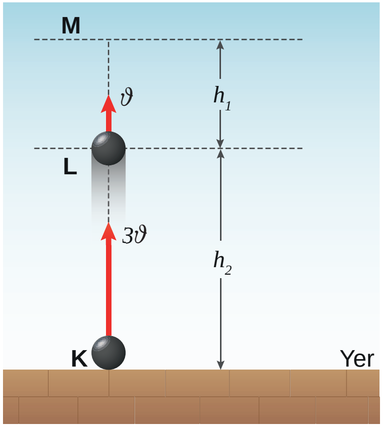
Sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda K noktasından 20 m/s hız büyüklüğü ile atılan 2 kg kütleli bir cismin L noktasından geçerken hızı ϑ_1, M noktasında yere çarpma hızı ise $\vartheta_2$dir.

Buna göre ϑ_1/ϑ_2 hız büyüklüklerinin oranı kaçtır?

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Cevap

1.61. Soru

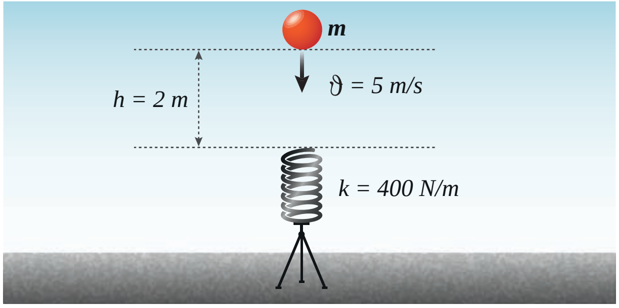


Sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda K noktasından 3ϑ büyüklüğündeki ilk hızla düşey olarak aşağıdan yukarıya doğru atılan m kütleli cismin L noktasından geçerken hızının büyüklüğü ϑ'dir.

M noktası cismin çıkabileceği maksimum yükseklik olduğuna göre h_1/h_2 oranı kaçtır?

Cevap

1.55. Örnek



Sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda m kütleli yapışkan bir cismin yayın üst kısmına 2 m yükseklikten (h) atılarak yapışması sağlanıyor. 5 m/s ilk hızla atılan cisim 400 N/m büyüklüğünde yay sabitine sahip yayı en fazla 50 cm sıkıştırmaktadır.

Buna göre yapışkan cismin kütlesi kaç kg bulunur?

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Çözüm

m kütleli cismin yayı x kadar sıkıştırarak durduğu düşünülürse enerji dönüşümlerinden cismin kaybettiği yer çekimi potansiyel enerjisi ve kinetik enerjisi yaya esneklik potansiyel enerjisi olarak aktarılmış olur. Buradan

$$\frac{1}{2}\cdot m\cdot \vartheta^2 + m\cdot g\cdot(h+x) = \frac{1}{2}\cdot k\cdot x^2$$

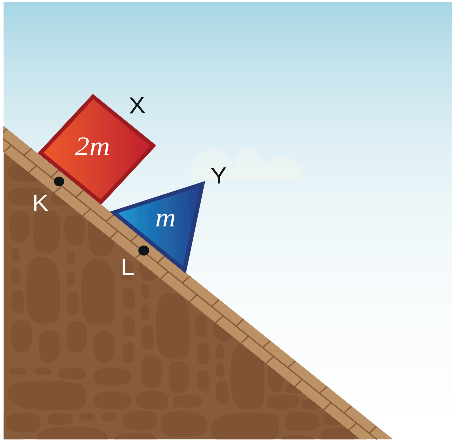
$$\frac{1}{2}\cdot m\cdot 5^2 + m\cdot 10\cdot(2+0,5) = \frac{1}{2}\cdot 400\cdot(0,5)^2$$

$$\frac{25}{2}\cdot m + 25\cdot m = 200\cdot(0,5)^2$$

$$\frac{75}{2}\cdot m = 50$$

$m = \frac{100}{75} = \frac{4}{3} \cong 1,3\ kg$ bulunur.

1.62. Soru

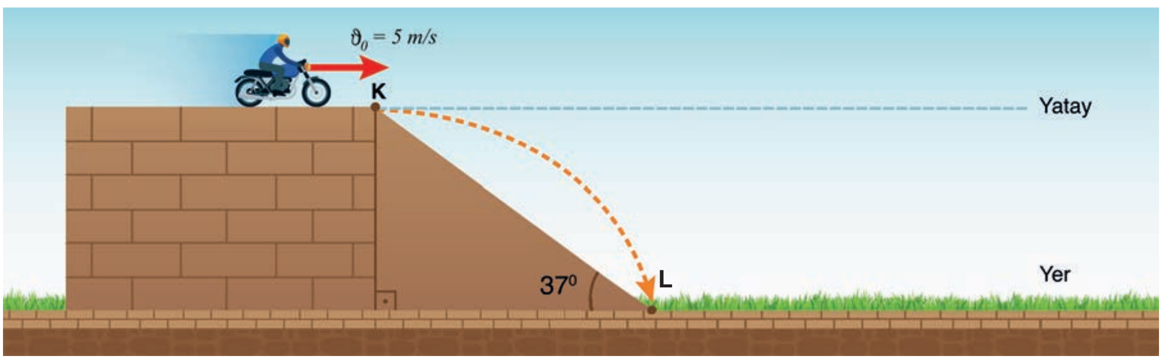


Düşey kesiti şekildeki gibi olan sürtünmesiz eğik düzlemin K ve L noktalarında tutulan 2 m kütleli X ve m kütleli Y cisimlerinden önce Y, sonra X serbest bırakılıyor.

X ve Y cisimleri eğik düzlemde hareket ederken aralarındaki uzaklığın değişimi hakkında ne söylenebilir?
(Cevabınızı enerjinin korunumu ilkesi ile açıklayınız.)

Cevap

1.63. Soru

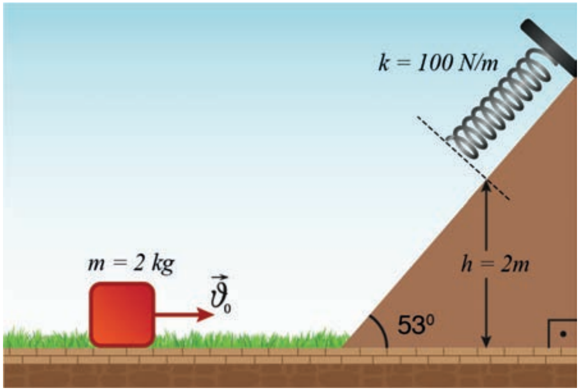


Bir motosiklet gösterisi sırasında sürücü K noktasından 5 m/s hız büyüklüğü ile yatayda atlayarak yatayla 37°lik açı yapan rampanın L noktasına düşmüştür.

Buna göre motosiklet sürücüsünün K noktasındaki kinetik enerjisinin L noktasındaki kinetik enerjisine oranı kaçtır?
($\cos 37° = 0,8$; $\sin 37° = 0,6$; $g = 10\ m/s^2$ alınız. Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

Cevap

1.64. Soru



Düşey kesiti verilen eğik düzleme 2 kg kütleli bir cisim ϑ_0 ilk hızıyla atılıyor. Eğik düzlemin üst ucuna sabitlenmiş yayın alt ucunun yerden yüksekliği h = 2 m'dir.

Yay sabiti k = 100 N/m olan yay cisim tarafından en fazla 1 m sıkıştırıldığına göre cismin ilk hızı ϑ_0 kaç m/s bulunur?

($\cos 53^\circ = 0,6, \sin 53^\circ = 0,8; g = 10\ m/s^2$ alınız. Sürtünmeleri ve yayın ağırlığını ihmal ediniz.)

Cevap

1.56. Örnek



Kalbin çalışması için ihtiyaç duyduğu enerji, vücudun ona sağladığı biyokimyasal enerjidir. Koşmak gibi yüksek performans gerektiren etkinlikler, kalbin daha fazla enerji kullanarak ritminin artmasıyla gerçekleşir.

Yatay bir yolda koşan insanın kalp ritmindeki yükselişi, enerji dönüşümü ile ilişkilendiriniz.

Çözüm

Koşan bir insanın metabolizması enerjiye ihtiyaç duyar. Bu enerji vücuttaki biyokimyasal enerjiden karşılanır. Biyokimyasal enerji, koşma sırasında kinetik enerji, ısı enerjisi vb. enerjilere dönüşür. Bu enerjilerin bir kısmı kalp tarafından kullanılır. Kalbin enerjisinin artması ritminin de artmasına neden olur.

Kalp, ritmini yükseltmek için enerjiye ihtiyaç duyar. Vücudun kalbe sağladığı biyokimyasal enerji, çeşitli sebeplerle düzensiz ve yetersiz kalırsa gerekli enerji üretiminin sağlanması için kalp pili kullanılması gerekebilir. Bu amaçla kalp pili hayati önem taşımaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalardan biri, Dr. Canan Dağdeviren tarafından icat edilen giyilebilir kalp pilidir. Bu kalp pili, piezoelektrik aletleri kullanarak kalbin üzerine yapıştırılabilen ve kalbin hareket enerjisini elektrik enerjisine dönüştürüp bunu depolayabilen bir çalışma ilkesine sahiptir.

OKUMA PARÇASI

Canan DAĞDEVİREN



Görsel 1.14: Canan Dağdeviren

... Harvard Üniversitesi'nin Genç Akademi Üyeliği unvanını Türkiye'den kazanan ilk kişi olan ve Forbes dergisi tarafından 30 Yaş Altı Bilim İnsanı arasında seçilen Dr. Canan Dağdeviren, Boğaziçi Lectures etkinliğinde büyük ilgiyle izlenen "An "Unusual' Story: Biology Meets Its Match" başlıklı bir konuşma yaptı. Dağdeviren konuşması öncesinde Boğaziçi Üniversitesi Rektörlüğü'nde Rektör Prof. Dr. Mehmed Özkan tarafından ağırlandı.

... Hacettepe Üniversitesi'nin Fizik Mühendisliği bölümünden mezun olduktan sonra Sabancı Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği programında yüksek lisans yapan Dağdeviren, Fullbright bursu kazanarak UIUC'da Malzeme Bilimi ve Mühendisliği bölümünde doktora eğitimi aldı. En son aldığı ödüller arasında, gençlerin Nobel'i olarak adlandırılan 'Science&SciLifeLab Ödülü' olan Dağdeviren halen MIT Media Lab'ta kendi araştırma araştırmalarına devam ediyor.

Bu süreçte esnek ve katlanabilir, deri üstüne yapıştırılabilir veya giyilebilir elektronik aletler üzerine çalışmalar yapan Dağdeviren, özellikle medikal teknoloji alanında çalışarak pilsiz çalışan giyilebilir bir kalp çipi (PZT MEH) ve cilt kanserini teşhis eden bir cihaz geliştirerek bilim dünyasının takdirini toplayan Dr. Canan Dağdeviren, Boğaziçi Üniversitesi'ndeki konuşmasında geliştirmiş olduğu ve halen üzerinde çalıştığı cihazlar ve projeleri anlatırken aynı zamanda bilimsel başarılarının ardında yatan kişisel motivasyon nedenlerini de dinleyicilerle paylaştı.

Lise öğrencisiyken üniversite eğitimini hangi alanda yapacağına dair karar verme noktasında Erdal İnönü ile tanışmasının kendisi için dönüm noktası olduğunu anlatan Dağdeviren, İnönü'nün "Anılar ve Düşünceler" başlıklı kitabını okuduktan sonra Fizik alanına karar verdiğini ve şu anda geldiği noktada fizik eğitimi almış olmanın kendisi için son derece doğru bir seçim olduğunu belirtti.

"Bilimsel aşkım Pierre Curie"

Manyetizma, piezoelektrik ve ışınetki biliminin öncülerinden, Fransız fizikçi Pierre Curie'nin kendisi için önemli bir ilham kaynağı ve "bilimsel aşkı" olduğunu vurgulayan Dağdeviren, bilimsel çalışmalarda izlediği yolu anlatırken Amerikalı şair, edebiyatçı Robert Frost'un "The Road Not Taken" şiirine gönderme yaparak, tercihini daha önce gidilmemiş, denenmemiş yollardan yana kullandığını ifade etti.

Medikal teknoloji alanında sürdürmekte olduğu projelerden de söz eden Dağdeviren, ABD'de bulunduğu son 2,5 yıllık dönemde farklı disiplinlerden bilim insanlarıyla olan ekip çalışmaları sayesinde bugün artık cerrahi müdahale yapacak, beyin veya kalp ameliyatı yapacak donanıma eriştiğini anlattı. Dağdeviren bilim ve akademide kadın olarak var olmaya da değinerek kadınların özellikle akademideki varlıklarının çok önemli olduğunu vurguladı.

Türkiye'den öğrencilere Vizyon Bursu

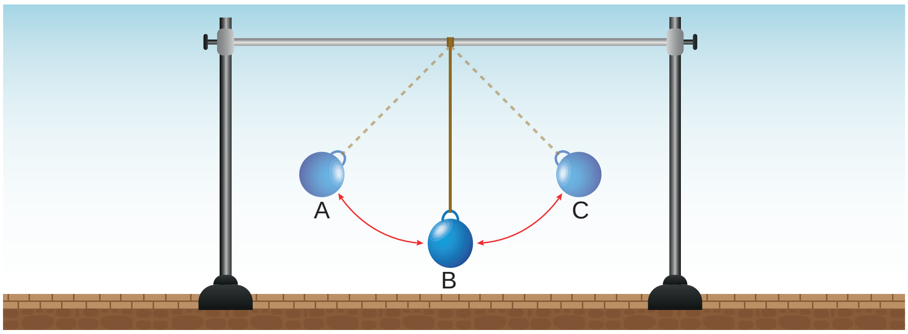
Geliştirdiği cihazların da tıpkı kadınlar gibi yaratıcı, güzel, duyarlı, birden fazla işi bir arada yapabilen nitelikle olmasına özen gösterdiğini söyleyen Dağdeviren, "Bir bilim insanı yetiştirmek bir ağacı büyütmeye benziyor. Vizyonunu geliştirmek isteyen her insan kendi yolunu bulur. İki yıl önce hayalini kurduğum bir proje vardı. ... desteğiyle her sene Türkiye'den bir kadın, bir erkek öğrenciye 'Vizyon Bursu' vermeye başlıyoruz. Bursiyerler her sene 23 Nisan'da ABD'ye gelerek Harvard ve MIT'de çalışmalarımıza katılacaklar" diye konuştu.

*Genel ağdan kısaltılarak alınmıştır.**

(*) Metin, yazıldığı dönemin yazım ve noktalama kurallarına sadık kalınarak alınmış olup günümüz yazım ve noktalama kurallarına göre değişiklik yapılmamıştır.

1.6.3. SÜRTÜNMELİ YÜZEYLERDE ENERJİ KORUNUMU VE DÖNÜŞÜMLERİ

İpe bağlı bir cisim B noktasında hareketsizken A noktasına kadar çekildiğinde cisim üzerinde potansiyel enerji depolanır (Şekil 1.47). Cisim bu noktadan serbest bırakıldığında sahip olduğu potansiyel enerji B noktasına doğru hareket ederken kinetik enerjiye, C noktasına çıkarken de potansiyel enerjiye dönüşür. Bu hareketteki enerji dönüşümü sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda sonsuza kadar devam eder.



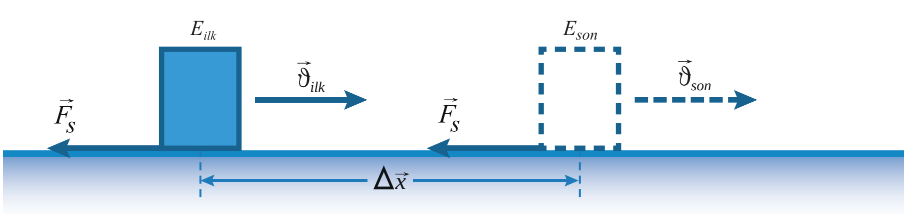
Şekil 1.47: *İpe bağlı bir cismin hareketi*

Yukarıdaki cismin hareketi bir salıncağın hareketi ile benzerdir. Ancak günlük hayatta hareket ettirilen salıncak bir süre sonra durur. Böyle bir durumda salıncağın hareketi incelenirken mekanik enerjiyi azaltıcı etkisi olan sürtünme kuvveti $(\vec{F_s})$ göz önüne alınmalıdır. Mekanik enerjideki kayıp, ısı enerjisine dönüşür. Bu nedenle salıncağın çıktığı yükseklik her zaman bir öncekinden daha az olur ve bu durum salıncağın bir süre sonra durmasını açıklar.

Bir cisim yatay düzlemde x kadar yer değiştirdiğinde sürtünme kuvvetinin yaptığı iş

$W_s = F_s \cdot x$ bağıntısı ile bulunur.

Sürtünme kuvvetinin yaptığı iş, sistemin son ve ilk mekanik enerjileri arasındaki fark kadardır.



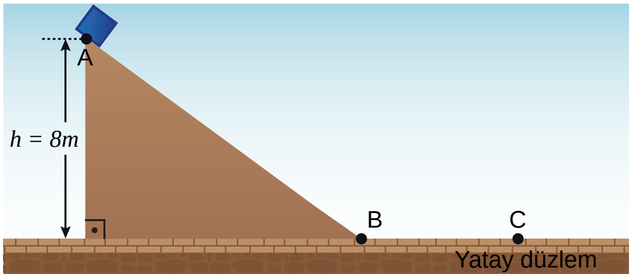
Şekil 1.48: *Sürtünmeli yüzeyde cismin enerji değişimi*

Şekil 1.48'de cismin sürtünme kuvveti nedeniyle ısıya dönüşen enerjisi iki farklı yolla bulunur:

1. İki nokta arasında hareket eden cismin sürtünmeden dolayı ısıya dönüşen enerjisi, her iki noktadaki mekanik enerjiler arasındaki farktan bulunur. Cismin ilk enerjisi E_{ilk}, son enerjisi E_{son} ise sürtünmeden dolayı ısıya dönüşen enerji, $E_{ısı} = E_{ilk} - E_{son}$ dan bulunur.

2. İlk ve son durumdaki mekanik enerjiler bilinmiyor fakat sürtünme kuvveti ile cismin yer değiştirmesi biliniyorsa ısıya dönüşen enerji sürtünme kuvvetinin yaptığı işe eşit olur. Sürtünme kuvvetinin yaptığı iş $E_{ısı} = W = F_s \cdot \Delta x$ tir.

1.57. Örnek



Yüksekliği h = 8 m olan sürtünmesiz eğik düzlemin A noktasından serbest bırakılan m kütleli cisim, B noktasından geçtikten sonra C noktasında durmaktadır. B ve C noktaları arasındaki yatay düzlemin sürtünme katsayısı 0,1 olduğuna göre

a) Cismin B noktasındaki kinetik enerjisi kaç mg olur?

b) |BC| mesafesi kaç metredir?

Çözüm

a) Cismin A noktasında sahip olduğu yer çekimi potansiyel enerjisi, eğik düzlem sürtünmesiz olduğundan cisim yatay düzleme ulaştığı anda tümüyle kinetik enerjiye dönüşür. Bu durumda cismin B noktasındaki kinetik enerjisi

$E_k = m \cdot g \cdot h$

$E_k = m \cdot g \cdot 8 = 8mg$ bulunur.

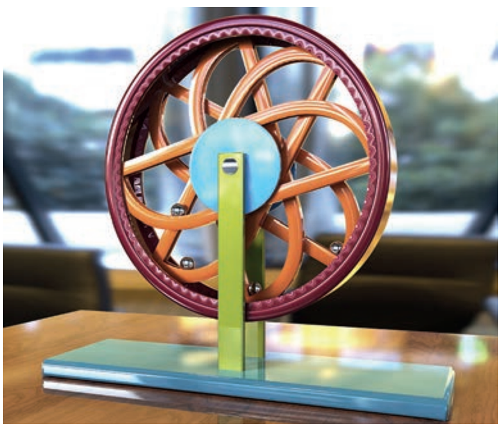
b) Cismin sahip olduğu kinetik enerji yatay düzlemdeki sürtünme kuvvetinin yaptığı işle ısı enerjisine dönüşür. Bu durumda IBCI mesafesi

$E_k = F_s \cdot |BC| = k \cdot m \cdot g \cdot |BC|$

$8mg = 0,1 \cdot m \cdot g \cdot |BC|$

$|BC| = 80\ m$ olarak bulunur.

Sürtünmenin olmadığı mekanik bir sistem tasarlamak oldukça zordur. Makinelerde hareketli parçalar birbiri ile temas hâlinde olduğu için aralarında sürtünme kuvveti oluşur. Sürtünme kuvvetinin olduğu yerde mutlaka ısı enerjisi açığa çıkar. Hareketli sistemlerde ısının açığa çıkması istenmeyen bir durumdur. Çünkü bu durumda açığa çıkan ısı kadar cismin mekanik enerjisi azalır, iç enerjisi artar. Sürtünmeye harcanan enerji, sürtünme kuvvetinin yaptığı işe eşittir.



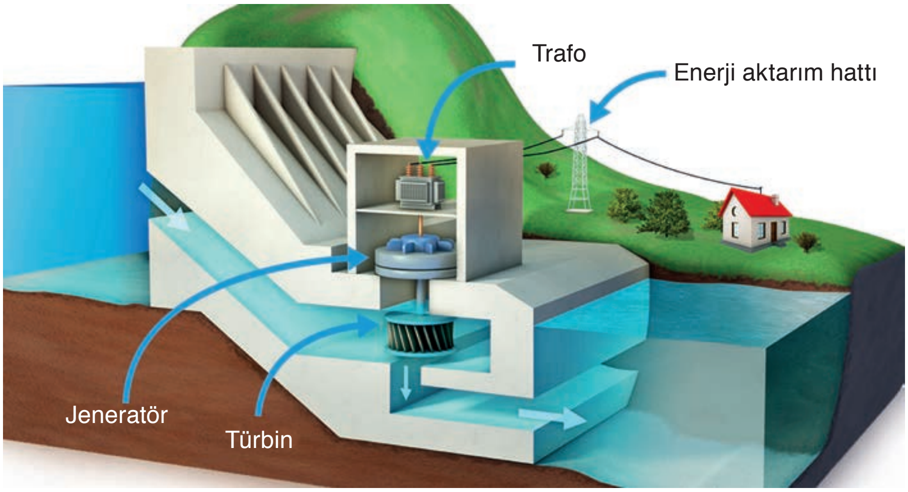
Görsel 1.15: *Devridaim makinesi*

Görsel 1.15'teki gibi bir devridaim makinesi, fiziksel anlamda dışarıdan enerji alımına gerek duymadan kendi kendine sonsuza dek hareket edebileceği düşünülerek tasarlanmış, gerçekte olmayan bir makinedir. Bu varsayıma göre sisteme bir miktar enerji verilerek sistem harekete geçirildikten sonra makine hiçbir zaman enerjiye gereksinim duymaz ve sonsuza dek durmadan enerji üretir. Böylesine büyük vaatleri ve sonuçları olan, insanoğlunun enerji sorununu kökten çözecek bir buluş yapma hayali, tarih boyunca insanların ilgisini çekmiştir.

Konu ile ilgili video için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

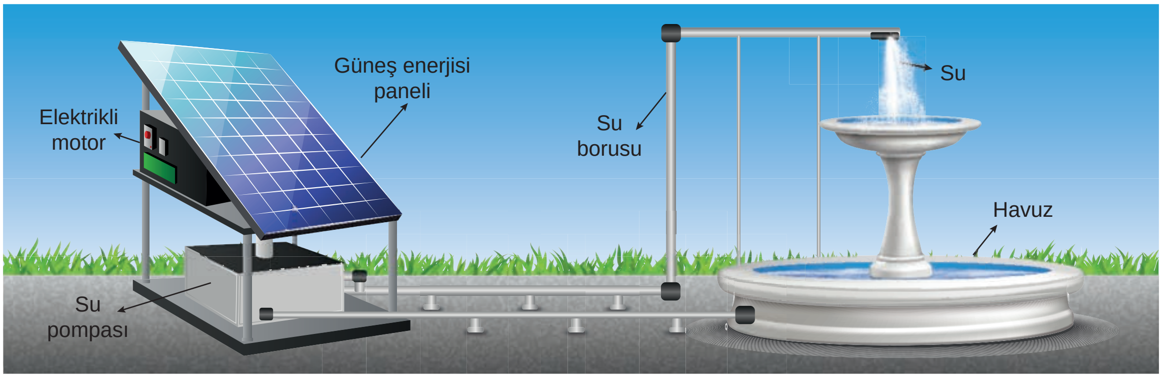
Günlük hayatta karşılaştığınız birçok olay, enerji açısından incelendiğinde enerjinin bir türden diğerine dönüşmesi ile gerçekleşir. Günümüzde teknoloji ürünü olan makinelerin çalışabilmesi için kimyasal ya da elektrik enerjisinin bir kısmı iş yapmak için makinenin özelliğine göre dönüşüme uğrar. Bir kısmı da bu dönüşüm sırasında ısı, ses vb. enerji çeşitleri olarak açığa çıkar.

Örneğin barajlardaki durgun suyun potansiyel enerjisi, türbinleri döndürmek için kinetik enerji olarak kullanılır. Türbinler aracılığıyla da elektrik enerjisi elde edilir. Bu elektrik enerjisi trafolarla kullanım alanlarına, oradan da evlerdeki prizlere kadar ulaşır (Görsel 1.16).



Görsel 1.16: *Hidroelektrik santrali*

1.65. Soru



Yukarıdaki görselde bir bahçe havuzu ve güneş enerjisi ile çalışan elektrikli bir motor verilmektedir. Havuz dibindeki su, motora bağlı bir pompa ile çekilmekte ve borularla yükseltilerek tekrar havuza döndürülmektedir.

Buna göre

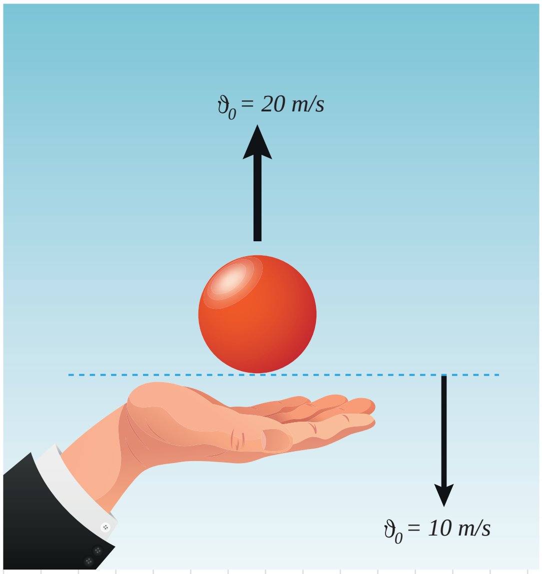
a) Güneş enerjisi paneli ile elektrikli motor arasındaki enerji dönüşümünü açıklayınız.

b) Su pompası yardımıyla yükseltilen suyun enerji dönüşümünü açıklayınız.

c) Su borusundan havuza dökülen suyun enerji dönüşümünü açıklayınız.

Cevap

FİNAL SORUSU



20 m/s hız büyüklüğü ile aşağıdan yukarıya doğru düşey olarak atılan bir cisim, atıldığı yüksekliğe 10 m/s hız büyüklüğü ile ulaşıyor. Cismin maksimum yükseklikteki potansiyel enerjisi 125 jouledür.

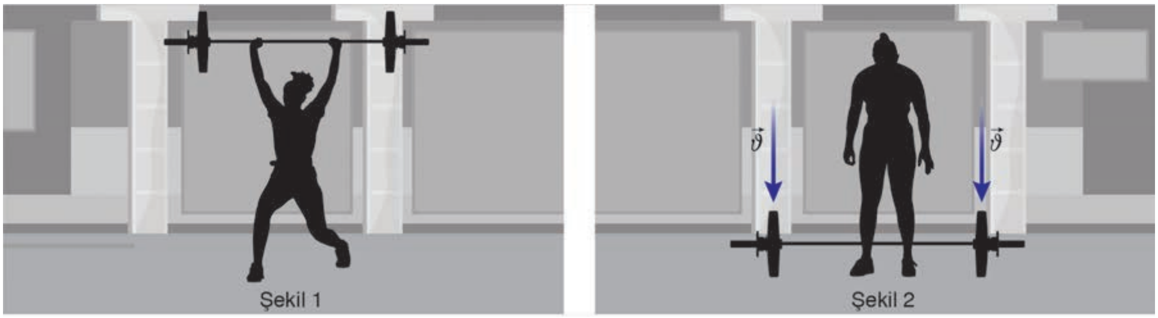
Havanın cisme uyguladığı direnç kuvveti cismin hareketi boyunca sabit büyüklükte kaldığına göre bu direnç kuvveti kaç N olur?

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

6. BÖLÜM ÇALIŞMA SORULARI

1. Soru

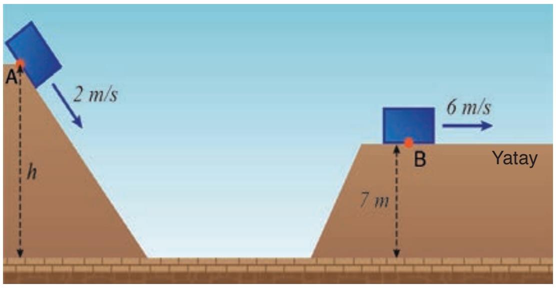
Aşağıda enerji ile bir halterin hareketinin ilişkilendirildiği metin verilmiştir. Metinde boş bırakılan noktalı alanlara uygun kavramları yazarak metni tamamlayınız.



Bir halterci yatay zeminde bulunan halteri Şekil 1'deki gibi kaldırıp bir süre sonra Şekil 2'deki gibi serbest düşmeye bırakmıştır. Halterci halteri kaldırıldığında enerji, haltercíden haltere aktarılmıştır. Bu enerji, halterde .... olarak depolanmıştır. Halterci ayaktayken elindeki halteri serbest düşmeye bırakmıştır. Düşerken halterin .... enerjisi .... enerjiye dönüşmüştür. Yere çarpan halterin sıcaklığı yükselirken .... enerjisi artmış, ... enerjisi azalmıştır.

Devam ediyor.

2. Soru

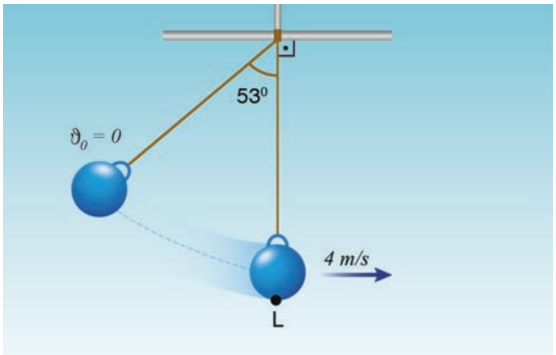


Sürtünmesi ihmal edilen yolun A noktasından 2 m/s'lik hızla atılan m kütleli cisim B noktasında 6 m/s'lik hıza ulaşıyor.

B noktasının yerden yüksekliği 7 m olduğuna göre A noktasının yerden yüksekliği h kaç m olur?

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

3. Soru

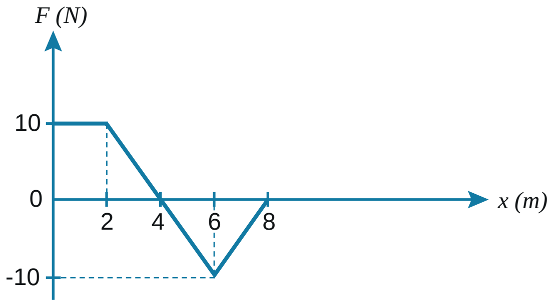


Sürtünmenin ihmal edildiği ortamda K noktasından serbest bırakılan m kütleli cisim düşey doğrultu üzerindeki L noktasından geçerken 4 m/s'lik hıza ulaşmaktadır.

Buna göre m kütleli cismin bağlı olduğu ipin uzunluğu kaç m'dir?

($\cos 53^\circ = 0,6, \sin 53^\circ = 0,8;\ g = 10\ m/s^2$ alınız.)

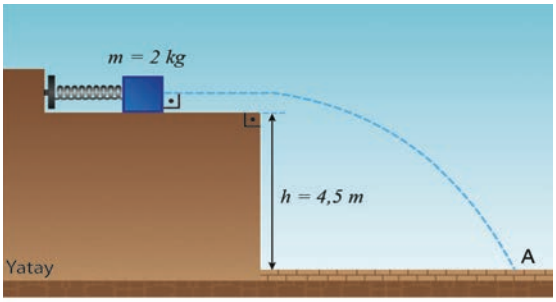
4. Soru



Sürtünmesi ihmal edilen yatay düzlemde durmakta olan cisme ait F-x grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre cisim 8 m yer değiştirdiğinde yapılan iş kaç J olur?

5. Soru



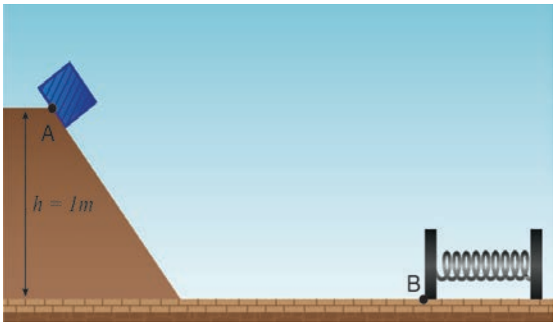
Sürtünmelerin ihmal edildiği sistemde yerden yüksekliği 4,5 m olan 2 kg kütleli cisme kuvvet uygulanarak yay 0,2 m sıkıştırılmıştır.

Yay sabiti k = 500 N/m olduğuna göre cisim serbest bırakıldığında A noktasına kaç m/s hız büyüklüğü ile çarpar?

($g=10\ m/s^2$ alınız.)

Devam ediyor.

6. Soru

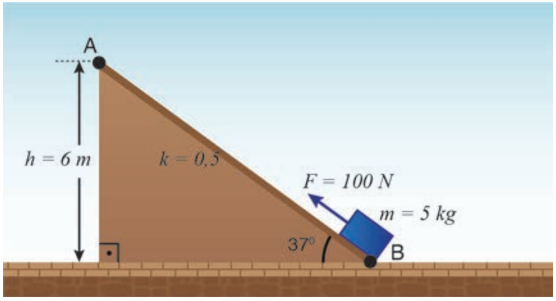


Sürtünmelerin ihmal edildiği 1 m yüksekliğindeki eğik düzlemin A noktasından serbest bırakılan 0,5 kg kütleli cisim yay sabiti k = 250 N/m olan B noktasındaki yayı sıkıştırıyor.

Buna göre yay en fazla kaç cm sıkışır?

(g = 10 m/s² alınız.)

7. Soru

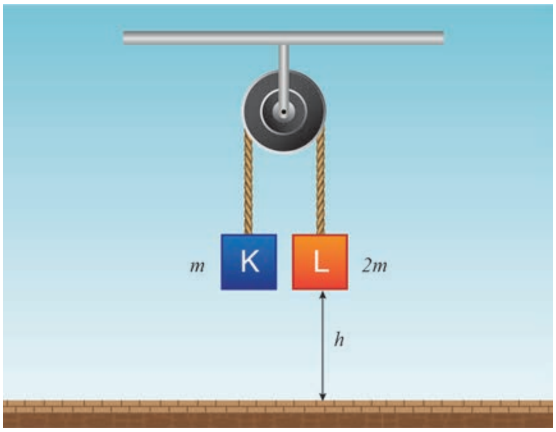


Sürtünme katsayısı 0, 5 olan eğik düzlemde 100 N'luk kuvvet, 5 kg kütleli cismi B noktasından A noktasına taşıyor.

A noktasının yerden yüksekliği 6 m olduğuna göre A noktasına geldiğinde cismin kinetik enerjisi kaç J olur?

$(cos\,37^\circ = 0,8;\ sin\,37^\circ = 0,6;\ g = 10\ m/s^2$ *alınız.)*

8. Soru



Sürtünmelerin ihmal edildiği sistemde yere göre aynı h yüksekliğinde bulunan K ve L cisimlerinin kütleleri sırasıyla m ve 2m'dir.

Sistem serbest bırakıldıktan bir süre sonra L cismi yere çarptığı anda K cisminin kinetik enerjisi kaç mgh olur?

9. Soru

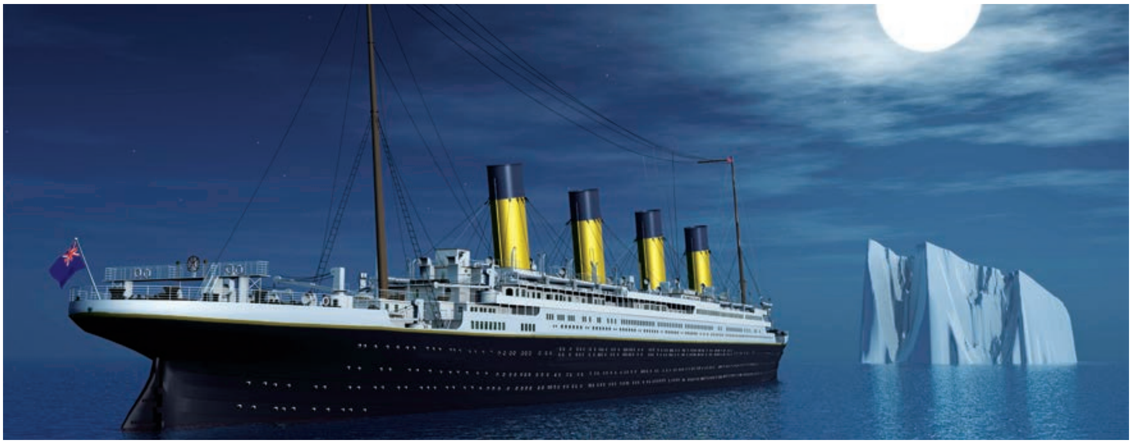
Sürtünmelerin ihmal edildiği yatay düzlemde durmakta olan 5 kg kütleli cisme 12 m boyunca yatay bir kuvvet uygulandığında cismin hızı 6 m/s olmaktadır.

Buna göre cisme yatayda uygulanan kuvvetin büyüklüğü kaç N olur?

1.7. İTME VE ÇİZGİSEL MOMENTUM

HAZIR MISINIZ?

BATMAZ GEMİ



Günlük hayatta seyahat etmek veya ticari amaç için kullanılan araçların hayatı kolaylaştırmak gibi avantajları bulunurken bu araçların kütleleri durdurulmaları açısından dezavantaj oluşturur. Örneğin Titanik gemisi, dünyanın uzak noktalarına ulaşım sağlamak amacıyla yapılmış binlerce ton kütleli bir gemidir. Çok sayıda insanın "batmaz gemi" olarak isimlendirdiği Titanik yolcu gemisi ilk yolculuğunda Kuzey Atlantik Okyanusu'ndaki bir buzdağına çarparak trajik bir şekilde batmıştır. Titanik yolcu gemisinin kaptanları, buz dağına çarpmadan önce buz dağını görmüşlerdir ama çabaları gemiyi batmaktan kurtarmaya yetmemiştir.

1. soru: Titanik yolcu gemisinin hızı ile çarpmada meydana gelen hasarın büyüklüğü arasındaki ilişki ne olabilir?

....

....

2. soru: Titanik yolcu gemisinin ve buz dağının kütlelerinin kazanın sonuçlarına etkisi ne olabilir?

....

....

1.7.1. İTME VE ÇİZGİSEL MOMENTUM

İtme

Bir cismin hareketindeki değişim, o cisme uygulanan ortalama kuvvet ve bu kuvvetin etki süresi ile ilgilidir. Kuvvet ve uygulama süresinin çarpımı ile bulunan bu nicelik fizik biliminde **itme** olarak adlandırılır. Vektörel bir büyüklük olan itme, $\vec{I}$ ile sembolize edilir. SI birim sisteminde kuvvetin birimi N, zaman birimi s olduğundan itmenin birimi N · s'dir. Bir cisme Δt süresince $\vec{F}$ kuvveti uygulandığında cisme etki eden itme miktarı

$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$ bağıntısıyla bulunur.

1.58. Örnek



Bir beyzbol oyuncusu, beyzbol topuna ortalama 600 N büyüklüğünde bir kuvvetle vuruyor. Beyzbol sopası ile topun temas süresi 10^{-2} s'dir.

Buna göre sopanın topa uyguladığı itmenin büyüklüğünü hesaplayınız.

Çözüm

Topa net bir kuvvet etki ettiği için bir itme oluşmaktadır. Oluşan itmenin büyüklüğü

$I = F \cdot \Delta t$

$I = 600 \cdot 10^{-2}$

$I = 6\ N \cdot s$ bulunur.

1.66. Soru



Bir futbolcu, futbol topuna ortalama 100 N'luk bir kuvvetle vurduğunda topa uygulanan itmenin büyüklüğü 5N · s ise topla ayağın temas süresini hesaplayınız.

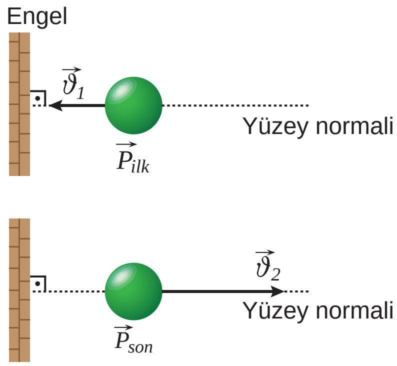
Cevap

Çizgisel Momentum

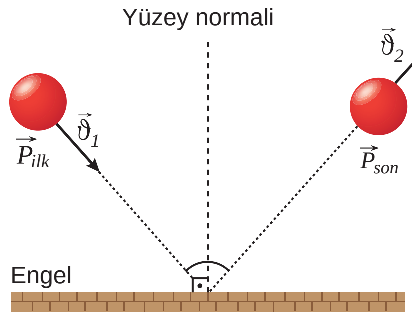
Hareketli bir cismin kütlesi ile hızının çarpımına o cismin **çizgisel momentumu** denir. Vektörel bir büyüklük olan çizgisel momentum, $\vec{P}$ ile sembolize edilir ve birimi kg · m/s'dir. Durgun hâlde bulunan m kütleli bir cismin $\vec{\vartheta}$ hızına ulaştığı andaki çizgisel momentumu

$\vec{P} = m \cdot \vec{\vartheta}$ ile bulunur.

Bu ifadeye göre bir cismin çizgisel momentumu, bu cismin kütlesi ve hızı ile doğru orantılıdır. Büyük yük gemilerinin aynı hızda hareket eden filikalara göre momentumları çok daha büyüktür ve durdurulmaları için daha büyük kuvvet gerekir. Benzer şekilde yük taşıyan bir tırın çizgisel momentumu, aynı hızla hareket eden bir otomobilin çizgisel momentumundan daha büyüktür. Bu nedenle tır ile otomobili aynı sürede durdurmak için tıra daha fazla kuvvet uygulamak gerekir. Bu durum tırların tehlike anında durmalarını zorlaştırdığı için hız limitleri otomobillere göre daha düşüktür.



***a)** Hareket doğrultusu yüzey normaline paralel olan cismin momentum değişimi*



***b)** Hareket doğrultusu yüzey normali ile açı yapan cismin momentum değişimi*

***Şekil 1.49:** Hareket hâlindeki cisimlerin momentum değişimi*

Hareket hâlindeki bir cisim, bir kuvvetin etkisinde kaldığında ya da bir engelle karşılaştığında cismin çizgisel momentumu değişir (Şekil 1.49). Cismin çizgisel momentumundaki değişimin bulunabilmesi için cisme ait ilk ve son çizgisel momentum vektörleri çizilir ve bu değişim

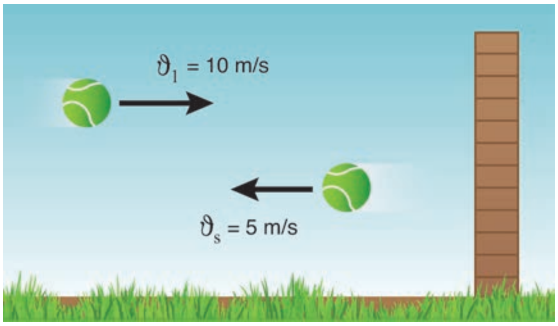
$\Delta\vec{P} = \vec{P}_{son} - \vec{P}_{ilk}$ bağıntısı ile bulunur.

Konu ile ilgili video için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

AKLINDA BULUNSUN

Momentum değişimini bulurken vektörlerde çıkarma işlemi özelliklerini kullanabilirsiniz.

1.59. Örnek



Kütlesi 50 g olan tenis topu, şekildeki gibi duvara 10 m/s büyüklüğündeki hız ile dik olarak çarparak aynı doğrultuda 5 m/s büyüklüğündeki hızla geri dönüyor.

Buna göre topun çizgisel momentumundaki değişimi bulunuz.

Çözüm

Topun kütlesi birim dönüşüm işlemi yapılarak 50 g = 0,05 kg bulunur. Tenis topunun ilk hareket yönü pozitif (+) alınırsa ilk çizgisel momentum

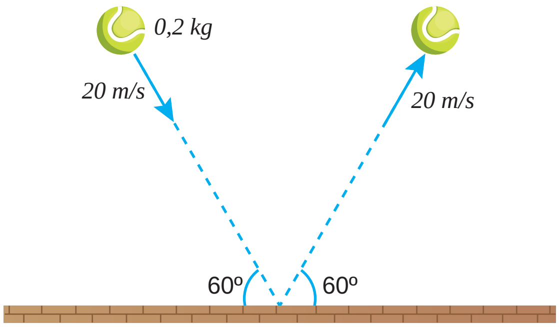
$\vec{P}_{ilk} = m \cdot \vec{v}_{ilk} = 0,05 \cdot 10 = 0,5\ kg \cdot m/s$ ve $(+)$ yönde bulunur.

Son çizgisel momentum ise

$\vec{P}_{son} = m \cdot \vec{v}_{son} = 0,05 \cdot (-5) = 0,25\ kg \cdot m/s$ ve $(-)$ yönde bulunur. Buna göre çizgisel momentum değişimi

$\Delta\vec{P} = \vec{P}_{son} - \vec{P}_{ilk} = -0,25 - (+0,5) = -0,75\ kg \cdot m/s$ olur.

1.60. Örnek



0,2 kg kütleli bir tenis topu bir engele 20 m/s büyüklüğünde hız ile yatay düzlemle 60° açı yapacak biçimde çarparak 20 m/s büyüklüğünde hız ve aynı açı ile yansımaktadır.

Buna göre cismin çizgisel momentumundaki değişimi bulunuz.

$(\cos 60^\circ = \frac{1}{2};\ \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$ *alınız.)*

Çözüm

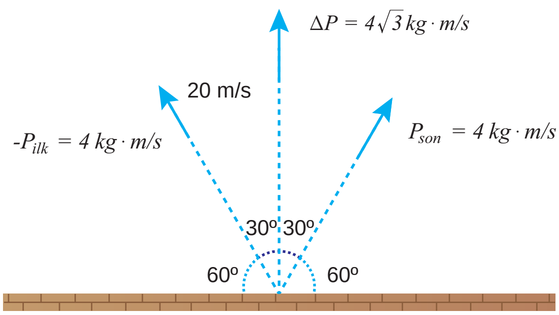
$\Delta\vec{P} = \vec{P}_{son} - \vec{P}_{ilk} = \vec{P}_{son} + (-\vec{P}_{ilk})$

$\Delta\vec{P}$'yi $\vec{P}_{son}$ vektörü ile $(-\vec{P}_{ilk})$ vektörü toplanarak bulunabilir. Buna göre

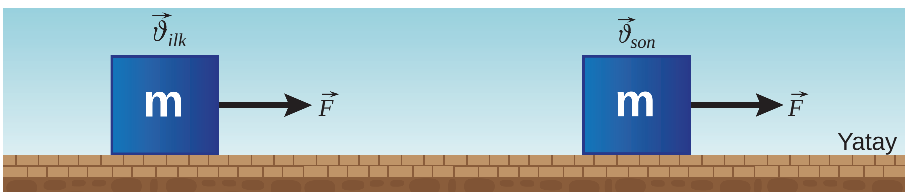
$P_{ilk} = m \cdot \vartheta_{ilk} = 0,2 \cdot 20 = 4\ kg \cdot m/s$

$P_{son} = m \cdot \vartheta_{son} = 0,2 \cdot 20 = 4\ kg \cdot m/s$

$\Delta P = 4\sqrt{3}\ kg \cdot m/s$



1.7.2. İTME VE ÇİZGİSEL MOMENTUM ARASINDAKİ İLİŞKİ



Şekil 1.50: *F kuvvetinin etkisinde olan m kütleli cismin momentum değişimi*

Newton'ın İkinci Hareket Yasası'na göre cisme kuvvet etki ettiğinde cisim ivmeli hareket eder. Şekil 1.50'deki gibi m kütleli bir cisme bir kuvvet etki ederse $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ olarak bildiğimiz bu bağıntı kullanılarak cisme ait çizgisel momentum ve itme arasındaki ilişki bulunabilir.

$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ bağıntısında $\vec{a} = \frac{\Delta\vec{\vartheta}}{\Delta t}$ yazılırsa $\vec{F} = m \cdot \frac{\Delta\vec{\vartheta}}{\Delta t}$

$\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot (\vec{\vartheta}_{son} - \vec{\vartheta}_{ilk}) = m \cdot \vec{\vartheta}_{son} - m \cdot \vec{\vartheta}_{ilk}$

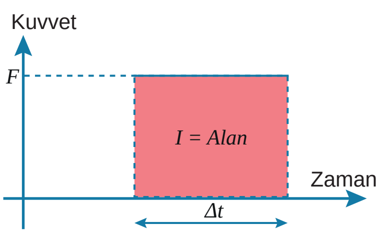
$\vec{F} \cdot \Delta t = \vec{P}_{son} - \vec{P}_{ilk}$

$\vec{I} = \Delta\vec{P}$ bulunur.

Bu ifadeye göre bir cisme uygulanan itme, cismin çizgisel momentumundaki değişime eşittir.

Bir cisme ait kuvvet-zaman grafiğinde grafik (Grafik 1.19) ile yatay eksen arasında kalan alan cisme uygulanan itmeyi verir.

$Alan = I = F \cdot \Delta t$



Grafik 1.19: *Cisme uygulanan kuvvetin zamana bağlı grafiği*

Konu ile ilgili video için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

7. UYGULAMA

Yönerge: *Aşağıdaki adımları sırasıyla uygulayınız.*

1. adım: Bir basketbol topunu h kadar yükseklikten serbest bırakınız.

2. adım: Topun yere çarptıktan sonraki yükselme miktarını not alınız.

....

....

....

3. adım: Aynı topu 2 h yüksekten serbest düşmeye bırakınız.

4. adım: Topun yere çarptıktan sonra yükselme miktarını not alarak bir önceki yükselme miktarı ile karşılaştırınız.

....

....

....

5. adım: Notlar arasındaki farkı, itme ve momentum değişimi kavramlarıyla açıklayınız.

....

....

....

....

....

....

....

Cisme aynı doğrultulu fakat zıt yönlü iki kuvvetin farklı zamanlarda uygulandığı bir durumda itme, kuvvet-zaman grafiğinden yararlanılarak bulunur.

Grafik 1.20'de zaman ekseninin üstünde kalan alan pozitif yöndeki itmenin büyüklüğünü verirken zaman ekseninin altında kalan alan negatif yöndeki itmenin büyüklüğünü verir. Toplam itme, alanların cebirsel toplamına eşittir.

$\Delta t_1 = t_1 - 0$ ve $\Delta t_2 = t_2 - t_1$ olmak üzere

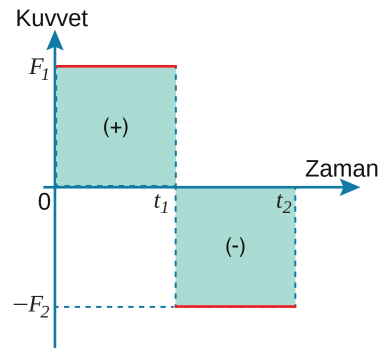
Toplam itme

$I = F \cdot \Delta t = F_1 \cdot \Delta t_1 - F_2 \cdot \Delta t_2$ ile bulunur.

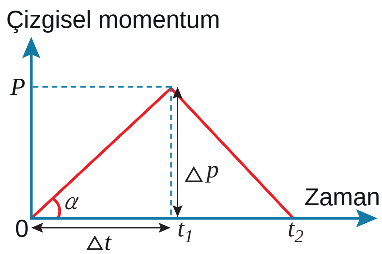
$\vec{F_1}$ ve $\vec{F_2}$ kuvvetlerinin etki ettiği cismin çizgisel momentum-zaman grafiği ise Grafik 1.21'deki gibi olur.

$tan\,\alpha = \dfrac{\Delta P}{\Delta t} = \dfrac{F_{net} \cdot \Delta t}{\Delta t} = F_{net}$ bulunur.

Buna göre çizgisel momentum-zaman grafiğinin eğimi bize o cisme uygulanan net kuvvetin büyüklüğünü verir.

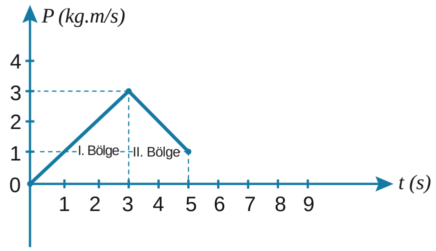


Grafik 1.20: *Cisme etki eden kuvvetlerin zamana bağlı grafiği*



Grafik 1.21: *Cismin çizgisel momentumundaki değişimin zamana bağlı grafiği*

1.61. Örnek



Bir hareketliye ait momentum-zaman grafiğinin I. bölgesine ait net kuvvet $\vec{F_1}$ ve II. bölgesine ait net kuvvet $\vec{F_2}$ olduğuna göre bu kuvvetlerin büyüklükleri oranı F_1 / F_2 kaçtır?

Çözüm

Momentum-zaman grafiğinin eğimi, cisme etki eden net kuvveti verir. Buna göre

(0-3) s ve (3-5) s zaman aralıklarında grafiğin iki farklı eğim değeri sabittir. Bu eğim değerleri için

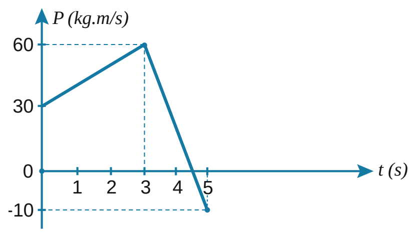
$Eğim = \triangle P/\triangle t = F_{net}$ bağıntısından

I. Bölge için $F_1 = \frac{3}{3} = 1\,N$

II. Bölge için $F_2 = \frac{3-1}{2} = \frac{2}{2} = 1\,N$ bulunur.

Buna göre $\frac{F_1}{F_2} = \frac{1}{1} = 1$ elde edilir.

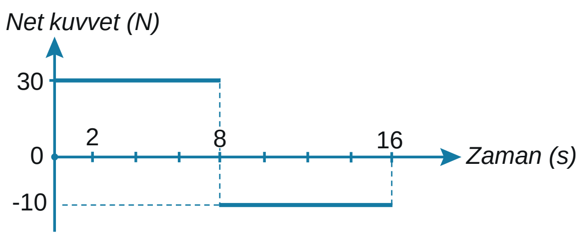
1.67. Soru



P-t grafiği yanda verilen cismin net kuvvet-zaman grafiğini çiziniz.

Cevap

1.62. Örnek



Yatay düzlem üzerinde hareket eden 1 kg kütleli cisme etki eden net kuvvetin zamana bağlı değişim grafiği verilmiştir.

t = 0 anında cismin hızı 20 m/s olduğuna göre cismin 16. saniye sonundaki hızı kaç m/s olur?

Çözüm

Grafikte (0-8) s aralığında cisme pozitif yönde kuvvet uygulandığı için net kuvvet–zaman grafiğinin oluşturduğu alan pozitif yönde bir itme değerini verir. Buna I_1 denirse

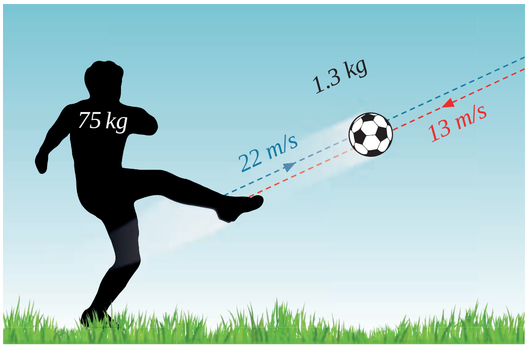
$I_1 = 30 \cdot 8 = 240\ N \cdot s$ bulunur. Aynı yöntemle I_2 negatif yönde etki eden net kuvvetten dolayı

$I_2 = -10 \cdot 8 = -80\ N \cdot s$ değerinde bulunur. Buradan toplam itme $I_{toplam} = I_1 + I_2 = 240 - 80 = 160\ N \cdot s$ bulunur.

İtme, momentum değişimine eşit olduğundan

$$I_{toplam} = \Delta P = m \cdot \Delta\vartheta$$
$$I_{toplam} = m \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1)$$
$$160 = 1 \cdot (\vartheta_2 - 20)$$
$$\vartheta_2 = 180\ m/s$$ bulunur.

1.63. Örnek



75 kg kütleli bir futbolcu, kendisine doğru 13 m/s büyüklüğünde hızla gelen 1,3 kg kütleli topa 1200 N'luk kuvvet uyguluyor. Uygulanan bu kuvvet sonucunda top 22 m/s büyüklüğündeki hızla geldiği doğrultudan geri dönüyor.

Buna göre futbolcunun ayağı ile top arasındaki temas süresi kaç saniyedir?

Çözüm

Futbol topunun futbolcuya geldiği yönü (-) kabul edersek topun çizgisel momentumundaki değişim

$\Delta P = m \cdot \Delta\vartheta = m \cdot (\vartheta_s - (-\vartheta_i)) = 1,3 \cdot (22 - (-13)) = 45,5\ kg \cdot m/s$'dir

$F_{net} \cdot \Delta t = \Delta P$ olduğundan $\Delta t = \frac{\Delta P}{F_{net}} = \frac{45,5}{1200} = 0,0379\ s$ bulunur.

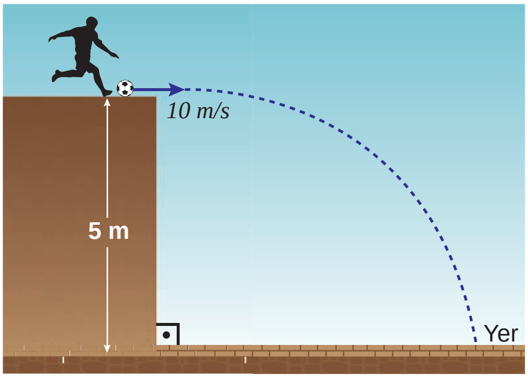
1.68. Soru

Sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda 200 g kütleli bir topu yerden düşey olarak yukarı yönde 20 m/s hızla atsaydınız yere gelene kadar topa uygulanan itme kaç N·s olurdu? *($g = 10\ m/s^2$ alınız.)*

Cevap

Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

1.69. Soru



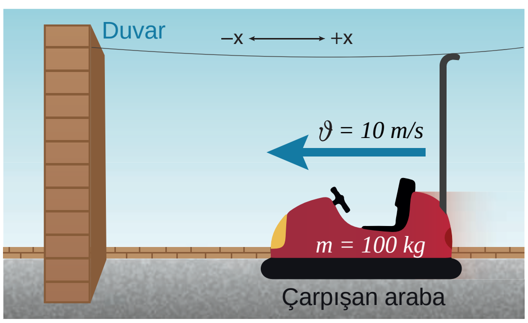
Sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda futbol oynayan bir çocuk, 0,1 kg kütleli bir topa yere paralel olarak vuruyor. Top, yerden 5 m yükseklikten 10 m/s ilk hızla yatay atış hareketi yaparak yere düşüyor.

Yerin topa uyguladığı itmenin büyüklüğü 2 N·s olduğuna göre top yere çarptıktan sonra en fazla kaç m yükselir?

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Cevap

1.70. Soru



Kütlesi 100 kg olan çarpışan araba, karşısındaki duvara -x yönünde 10 m/s hız büyüklüğü ile çarpıp +x yönünde 1 m/s hız büyüklüğü ile hareket ediyor. Arabanın duvarla etkileşim süresi 0,2 s olduğuna göre duvarın arabaya uyguladığı

a) İtmenin büyüklüğünü bulunuz.

b) Ortalama kuvvetin büyüklüğünü bulunuz.

Cevap

MERAK UYANDIRAN SORULAR

Otomotiv sektöründe kullanılan hava yastıklarına neden ihtiyaç duyulmuştur?

1.7.3. ÇİZGİSEL MOMENTUMUN KORUNUMU

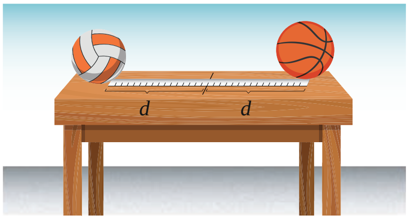
6. ETKİNLİK

Etkinlik Adı	***TOPLARIN HESAPLAŞMASI***	*30 dk.*
Amacı	*Gözlem yoluyla momentum korunumunu analiz edebilme.*	*Grup etkinliği*
Araç Gereç	*basketbol topu, hentbol topu, iki adet bir metrelik cetvel ve eşit kollu terazi*	

Yönerge: *Öğretmeniniz rehberliğinde dörder kişilik gruplara ayrılınız ve grubunuzdaki iki öğrencinin ölçüm sonuçlarını not almasını, diğer iki öğrencinin etkinliğin adımlarını uygulamasını sağlayınız. Aşağıda verilen etkinlik adımlarını sırayla uyguladıktan sonra değerlendirme sorularını cevaplayınız. Ölçümleri diğer grupların ölçümleri ile karşılaştırıp ortalama değerleri etkinlik sonuçları olarak kaydediniz. Etkinliğin sonunda bulgularınızı rapor hâlinde sınıfa sunabilirsiniz.*

1. adım: Tam şişirilmiş basketbol ve hentbol toplarının kütlelerini eşit kollu terazi veya dijital bir tartı ile ölçünüz. Kütle değerlerini gram birimi ile not alınız.

2. adım: Sabit ve üzeri temizlenmiş bir masa üzerine basketbol ve hentbol toplarını, şekilde görüldüğü gibi birbirlerine paralel ve yakın sabitlenmiş (Yakınlıktaki amaç topların doğrusal hareket etmesini sağlamaktır.) cetvellerin uç noktalarına koyunuz.



3. adım: Topları, cetvellerin ortasında çizilmiş çizgiye aynı anda ulaşacak şekilde birbirlerine doğru uygun hızlarla hareketlendiriniz. (Topların düzgün doğrusal hareket ettikleri varsayılacaktır.)

4. adım: Topların orta çizgiye ulaşma sürelerini saniye birimi cinsinden defterinize yazınız.

Değerlendirme

1. Topların orta çizgide aynı anda çarpışmalarını hız büyüklüklerini hesaplayarak yorumlayınız.

....

2. Topların çizgisel momentum büyüklüklerini hesaplayınız.

....

3. Kütlesi büyük olan top nasıl hareket etti? ....

4. Kütlesi küçük olan top nasıl hareket etti? ....

5. Topların çarpışma öncesi toplam çizgisel momentum büyüklüklerini hesaplayınız.

....

6. Topların çarpışma sonrası toplam çizgisel momentum büyüklüklerini hesaplayınız.

....

7. Çarpışma öncesi toplam çizgisel momentum büyüklüğü ile çarpışma sonrası toplam çizgisel momentum büyüklüğünü karşılaştırınız. Eğer bulduğunuz değerler birbirine çok yakın değerler ise toplam momentum korunmuş mudur? Düşüncelerinizi sınıfla paylaşınız.

8. Çizgisel momentumun korunumuna ilişkin günlük hayattan gözlemlenebilecek olaylara örnekler veriniz. Örneklerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

Karekodda bulunan grup değerlendirme formu öğretmen tarafından doldurulur.

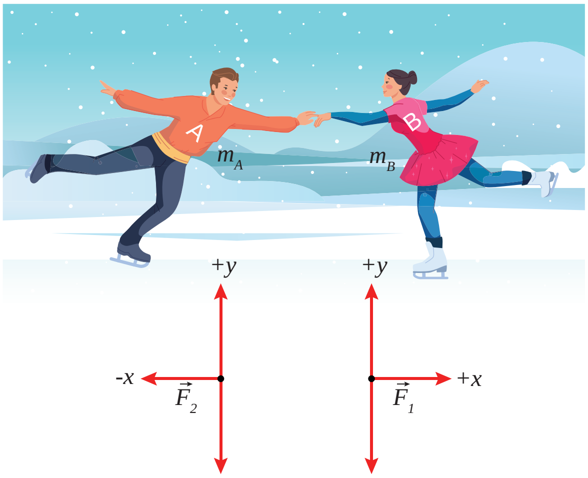
Dış kuvvetlerin etkisinde olmayan, çevreden yalıtılmış ortamda birbirleriyle etkileşen m_1 ve m_2 kütleli iki buz patencisinden A patencisi B patencisine kuvvet uygularsa ($\vec{F_1}$) B patencisi de A patencisine kuvvet ($\vec{F_2}$) uygular (Görsel 1.17). Newton'ın Üçüncü Hareket Yasası, $\vec{F_1}$ ve $\vec{F_2}$ kuvvetlerinin birbirine eşit ve zıt yönlü olduğunu söyler. Buna göre

$\vec{F_1} = -\vec{F_2}$ dir. Eşitliğin her iki tarafı etkileşim süresi ile çarpılırsa

$\vec{F_1} \cdot \Delta t = -\vec{F_2} \cdot \Delta t \qquad \vec{I_1} = -\vec{I_2}$ olur. Buz patencilerine uygulanan itmeler buz patencilerinin çizgisel momomentum değişimlerine eşit olduğundan

$\Delta\vec{P_1} = -\Delta\vec{P_2}$ olur.

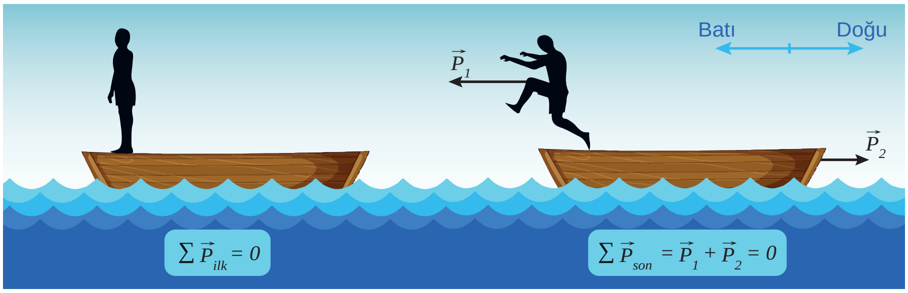
$$(\vec{P_1})_{son} - (\vec{P_1})_{ilk} = -((\vec{P_2})_{son} - (\vec{P_2})_{ilk})$$
$$(\vec{P_1})_{son} - (\vec{P_1})_{ilk} = -(\vec{P_2})_{son} + (\vec{P_2})_{ilk}$$
$$(\vec{P_1})_{ilk} + (\vec{P_2})_{ilk} = (\vec{P_1})_{son} + (\vec{P_2})_{son}$$



Görsel 1.17: *İki buz patencisinin kayarken birbirlerini uyguladıkları kuvvet*

elde edilir. Buna göre dış kuvvetin etkisinin olmadığı yalıtılmış bir sistemde iki veya daha fazla parçacık etkileştiğinde toplam çizgisel momentum korunur. İlk durumdaki toplam çizgisel momentum son durumdaki toplam çizgisel momentuma eşittir. Bu sonuç **çizgisel momentumun korunumu** olarak adlandırılır. Çizgisel momentum korunumu; birbirini iten cisimler, roketler, çarpışan cisimler, patlama sonucu parçalanan ve çarpışmalar sonucu kenetlenen cisimler ve yüksek hızlarla gerçekleşen atomik boyutlardaki çarpışmalar için de geçerlidir.

Deniz sürtünmesinin ihmal edildiği bir ortamda başlangıçta kayık üzerinde durgun olan çocuğu ve kayığı bir sistem olarak ele alalım. Çocuk, kayıktan suya yatay olarak atladığında kayık ve çocuk zıt yönlerde harekete geçer (Görsel 1.18). Başlangıçta durgun olan sistemin çizgisel momentumu sıfırdır. Çizgisel momentum korunduğu için sistemin son çizgisel momentumu da sıfır olur.

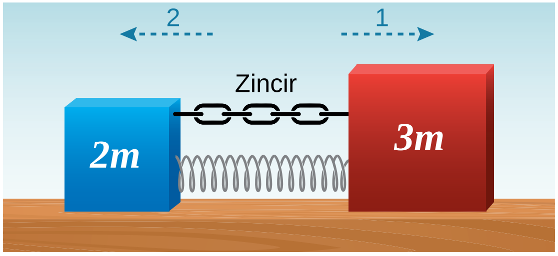


Görsel 1.18: *Çocuk ve kayıktaki momentum değişimi*

Çocuk ve kayık zıt yönde, eşit büyüklükte çizgisel momentum ile hareket eder.

$$P_{ilk} = P_{son} = 0$$
$$m_1 \cdot \vartheta_1 + m_2 \cdot \vartheta_2 = m_1 \cdot \vartheta_1' + m_2 \cdot \vartheta_2'$$
$$m_1 \cdot 0 + m_2 \cdot 0 = m_1 \cdot \vartheta_1' + m_2 \cdot \vartheta_2'$$
$$0 = m_1 \cdot \vartheta_1' + m_2 \cdot \vartheta_2'$$
$m_1 \cdot \vartheta_1' = -m_2 \cdot \vartheta_2'$ olur.

1.64. Örnek



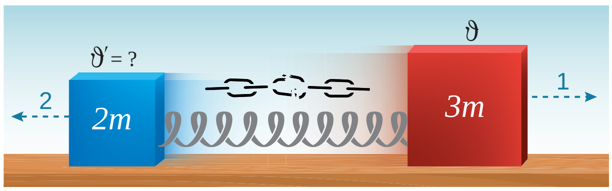
Sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda aralarındaki yay sıkıştırılarak zincir ile birbirine bağlanmış 2m ve 3m kütleli cisimler hareketsizdir.

Cisimlerin arasındaki zincir koparıldığında 3m kütleli cisim ϑ büyüklüğünde hızla 1 yönünde hareket ettiğine göre 2m kütleli cisim hangi yönde ve kaç ϑ hız büyüklüğü ile hareket eder?

(Yay ve zincirin ağırlığını ihmal ediniz.)

Çözüm

Zincir koparılmadan önce cisimler hareketsiz olduklarından toplam momentum sıfırdır. Momentumun korunumuna göre zincir koparılıp cisimler harekete geçtikten sonra da toplam momentum sıfır olmalıdır. Zincir koparıldıktan sonra

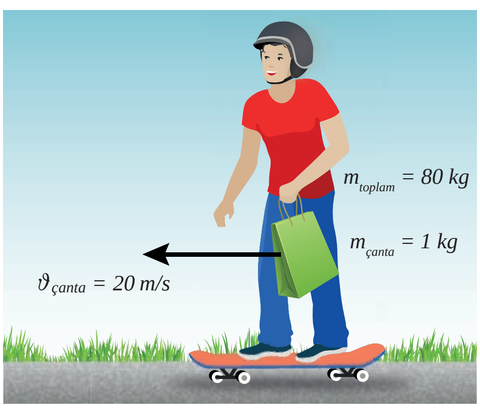


3m kütleli cisim 1 yönünde momentuma sahip olduğuna göre 2m kütleli cisim 2 yönünde momentuma sahip olmalıdır. 1 ve 2 yönündeki momentum değerleri birbirine eşittir.

$2m \cdot \vartheta' = 3m \cdot \vartheta$

$\vartheta' = \frac{3\vartheta}{2}$ bulunur. Bu sonuca göre 2m kütleli cisim 2 yönünde $\frac{3\vartheta}{2}$ hız büyüklüğü ile hareket eder.

1.65. Örnek



Kaykay ile birlikte toplam 80 kg kütleli bir kaykaycı kaykayın üzerinde durgun hâldedir.

Kaykaycı elindeki 1 kg kütleli çantayı ileriye doğru 20 m/s hız büyüklüğü ile yere paralel olarak fırlatırsa kaykaycının kazanacağı hızın büyüklüğünü ve yönünü hesaplayınız.

Çözüm

Başlangıçta kaykaycı durgun olduğu için toplam momentum sıfırdır. Momentum korunumuna göre kaykaycı elindeki çantayı ileriye doğru fırlatırsa kendisi kaykay ile birlikte geriye hareket edecektir.

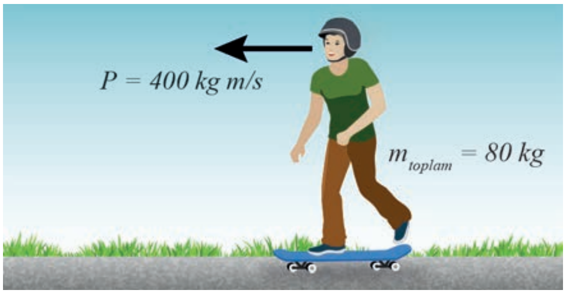
$m_{çanta} \cdot \vec{\vartheta}_{çanta} + m_{toplam} \cdot \vec{\vartheta}_{kaykay} = 0$

$1 \cdot 20 + 80 \cdot \vartheta_{kaykay} = 0$

$\vartheta_{kaykay} = \frac{-20}{80} = -\frac{1}{4}\ m/s$ bulunur.

Buradaki - işareti kaykay ve çoçuğun hızının çantanın hızına ters yönde olduğunu gösterir.

1.71. Soru



Kaykay ve kaykaycıdan oluşan sistemin toplam çizgisel momentumu 400 kg·m/s'dir.

Sistemin toplam kütlesi 80 kg olduğuna göre sistemin kinetik enerjisi kaç J olur?

Cevap

1.7.4. ÇARPIŞMALAR, ÇİZGİSEL MOMENTUMUN KORUNUMU VE HESAPLAMALAR

Düzlemde hareket doğrultuları değişmeyecek şekilde gerçekleşen çarpışmalar bir boyutta çarpışma, hareket doğrultuları değişecek şekilde gerçekleşen çarpışmalar ise iki boyutta çarpışma olarak adlandırılır. Örneğin çarpışma öncesi ve sonrası bilardo masası üzerinde aynı doğrultuda hareket eden iki bilardo topunun çarpışması bir boyutta çarpışmadır.



Şekil 1.51: *Farklı doğrultularda hareket eden bilardo topları*

Çarpışma sonrası masa üzerinde farklı iki doğrultuda hareket eden bilardo toplarının (Şekil 1.51) çarpışması ise iki boyutta gerçekleşen bir çarpışmadır.

Dış kuvvetlerin etkisi olmadan gerçekleşen sabit hızlı cisimlerin çarpışma olaylarında gerçekleştiği boyuttan bağımsız olarak çizgisel momentum daima korunduğu için çarpışmaların isimlendirilmesinde sistemin kinetik enerji korunumuna bakılır. Çarpışmalar, sistemin kinetik enerjisinin korunup korunmadığı durumlara göre esnek ve esnek olmayan çarpışmalar olarak isimlendirilir.

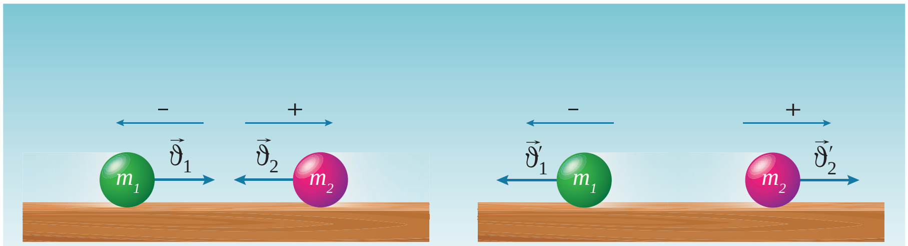
A) Esnek Çarpışmalar

Çarpışan cisimler için toplam momentum korunduğu gibi toplam kinetik enerjilerinin de korunduğu ve cisimlerde şekil değişikliğinin olmadığı çarpışmalara **esnek çarpışmalar** denir. Çarpışan cisimler birbirinden bağımsız hareket eder. Bir boyutta ve iki boyutta esnek çarpışmalar olarak iki başlık altında incelenir.

Sürtünmelerin ihmal edildiği ortamlarda bir boyutta ve iki boyutta gerçekleşen esnek çarpışmadan sonra cisimlerin hızları değişir. Çizgisel momentum ve kinetik enerji korunumu ilkesinden yararlanılarak bu hız değişimleri bulunabilir.

Bir Boyutta Esnek Çarpışmalar

Aynı doğrultuda iki kütle birbirine yapışmadan çarpışıyorsa bu tür çarpışmalar **bir boyutta merkezî esnek çarpışmalar** olarak adlandırılır. Aynı doğrultuda çarpışan cisimlerin merkezî esnek çarpışma yapabilmesi için kütle merkezlerinin bir düzlem oluşturması gerekir. Bu tür çarpışmalarda hem momentum hem de kinetik enerji korunur ve cisimler birbirlerinden bağımsız hareket eder.



Şekil 1.52: *Bir boyutta esnek çarpışma yapan cisimler*

Şekil 1.52.a'daki gibi m_1 ve m_2 kütleli cisimler sürtünmesiz ortamda aynı doğrultuda birbirlerine doğru ϑ_1 ve ϑ_2 büyüklüğündeki hızlarla hareket ettiklerinde m_1 kütleli cismin çizgisel momentumu $\vec{P}_1 = m_1 \cdot \vec{\vartheta}_1$, m_2 kütleli cismin çizgisel momentumu $\vec{P}_2 = m_2 \cdot \vec{\vartheta}_2$dir.

Şekil 1.52.b'de ise m_1 ve m_2 kütleli cisimler birbirleriyle çarpıştıktan sonra ϑ'_1 ve ϑ'_2 büyüklüğündeki hızlarla aynı doğrultuda hareket eder.

Çarpışmadan sonraki m_1 ve m_2 kütleli cisimlerin çizgisel momentumları ise

$\vec{P}'_1 = m_1 \cdot \vec{\vartheta}'_1$ ve $\vec{P}'_2 = m_2 \cdot \vec{\vartheta}'_2$ olur.

Şekil 1.52.a ve 1.52.b'de m_1 ve m_2 kütleli cisimlerin çarpışmadan önceki çizgisel momentumları toplamı $(\vec{P}_{çö})$, çarpışmadan sonraki çizgisel momentumları toplamına $(\vec{P}_{çs})$ eşittir.

$$\vec{P}_{çö} = \vec{P}_{çs}$$
$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \vec{P}'_1 + \vec{P}'_2$$
$$m_1 \cdot \vec{\vartheta}_1 + m_2 \cdot \vec{\vartheta}_2 = m_1 \cdot \vec{\vartheta}'_1 + m_2 \cdot \vec{\vartheta}'_2$$
$$m_1 \cdot \vec{\vartheta}_1 - m_1 \cdot \vec{\vartheta}'_1 = m_2 \cdot \vec{\vartheta}'_2 - m_2 \cdot \vec{\vartheta}_2$$
$$m_1 (\vec{\vartheta}_1 - \vec{\vartheta}'_1) = m_2 (\vec{\vartheta}'_2 - \vec{\vartheta}_2)$$ bulunur.

Çarpışmadan önce m_1 ve m_2 kütleli cisimlerin toplam kinetik enerjisi, çarpışmadan sonraki toplam kinetik enerjisine eşittir. Çarpışmadan önce m_1 kütleli cismin kinetik enerjisi

$E_1 = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot \vartheta_1^2$ ve m_2 kütleli cismin ise $E_2 = \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot \vartheta_2^2$ dir. Çarpışmadan sonra ise m_1 kütleli cismin kinetik enerjisi $E_1' = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot \vartheta_1'^2$ ve m_2 kütleli cismin ise $E_2' = \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot \vartheta_2'^2$ dir. Buna göre

$$E_1 + E_2 = E_1' + E_2'$$

$$\frac{1}{2}m_1 \cdot \vartheta_1^2 + \frac{1}{2}m_2 \cdot \vartheta_2^2 = \frac{1}{2}m_1 \cdot \vartheta_1'^2 + \frac{1}{2}m_2 \cdot \vartheta_2'^2$$

$$\frac{1}{2}m_1 \cdot \vartheta_1^2 - \frac{1}{2}m_1 \cdot \vartheta_1'^2 = \frac{1}{2}m_2 \cdot \vartheta_2'^2 - \frac{1}{2}m_2 \cdot \vartheta_2^2$$

$$m_1 \cdot \vartheta_1^2 - m_1 \cdot \vartheta_1'^2 = m_2 \cdot \vartheta_2'^2 - m_2 \cdot \vartheta_2^2$$

$$m_1(\vartheta_1^2 - \vartheta_1'^2) = m_2(\vartheta_2'^2 - \vartheta_2^2)$$

$$m_1(\vartheta_1 - \vartheta_1')(\vartheta_1 + \vartheta_1') = m_2(\vartheta_2' - \vartheta_2)(\vartheta_2' + \vartheta_2)$$

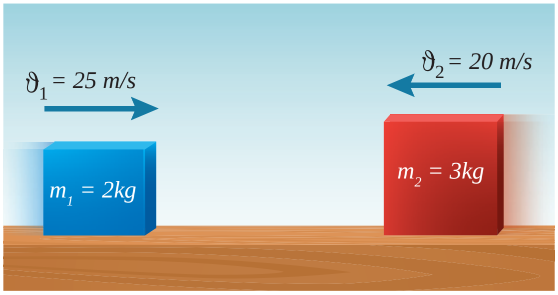
$$m_1(\vec{\vartheta}_1 - \vec{\vartheta}_1') \cdot (\vec{\vartheta}_1 + \vec{\vartheta}_1') = m_2(\vec{\vartheta}_2' - \vec{\vartheta}_2) \cdot (\vec{\vartheta}_2' + \vec{\vartheta}_2)$$ olur.

Enerji ve çizgisel momentum korunumu denklemleri düzenlenirse

$\vec{\vartheta}_1 + \vec{\vartheta}_1' = \vec{\vartheta}_2 + \vec{\vartheta}_2'$ bulunur.

Buna göre m_1 kütleli cismin çarpışmadan önceki ve sonraki hızlarının vektörel toplamı, m_2 kütleli cismin çarpışmadan önceki ve sonraki hızlarının vektörel toplamına eşittir.

1.66. Örnek



Sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda aynı doğrultuda 25 m/s ve 20 m/s hızlarla atılan cisimlerin kütleleri sırasıyla 2 kg ve 3 kg'dır.

Cisimler esnek çarpışma yaptığına göre çarpışma sonrası her birinin hızını bulunuz.

Çözüm

Çizgisel momentumun korunumundan

($P_{çö}$: Çarpışma öncesi toplam momentum, $P_{çs}$: Çarpışma sonrası toplam momentum)

$$\vec{P}_{çö} = \vec{P}_{çs}$$

$$m_1 \cdot \vec{\vartheta}_1 + m_2 \cdot \vec{\vartheta}_2 = m_1 \cdot \vec{\vartheta}_1' + m_2 \cdot \vec{\vartheta}_2'$$

Sağ taraf "+", sol taraf "-" yön olarak seçilirse

$$2 \cdot 25 + 3 \cdot (-20) = 2 \cdot \vartheta_1' + 3 \cdot \vartheta_2'$$

$$50 - 60 = 2\vartheta_1' + 3\vartheta_2'$$

$$-10 = 2\vartheta_1' + 3\vartheta_2' \quad (1)$$

Hızların korunumu denklemine göre

$$\vec{\vartheta}_1 + \vec{\vartheta}_1' = \vec{\vartheta}_2 + \vec{\vartheta}_2'$$

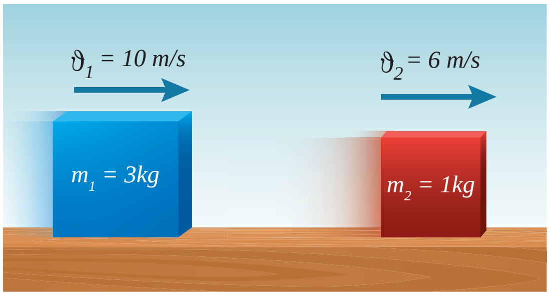
$$25 + \vartheta_1' = (-20) + \vartheta_2'$$

$$25 + 20 = -\vartheta_1' + \vartheta_2'$$

$$45 = -\vartheta_1' + \vartheta_2' \quad (2)$$

(1) ve (2) No.lu denklemler birlikte çözülürse $\vartheta_1' = -29\ m/s$ ve $\vartheta_2' = 16\ m/s$ bulunur. Bu sonuca göre çarpışma sonrasında m_1 kütleli cisim sola, m_2 kütleli cisim sağa doğru hareket etmektedir.

1.72. Soru



Sürtünmelerin ihmal edildiği yatay düzlemde 10 m/s hız büyüklüğü ile hareket etmekte olan 3 kg kütleli cisim ile 6 m/s hız büyüklüğü ile hareket etmekte olan 1 kg kütleli başka bir cisim merkezi esnek olarak çarpışıyor.

Buna göre cisimlerin çarpışmadan sonraki hızları kaç m/s olur?

Cevap

Bir Boyutta Merkezi Esnek Çarpışmalarda Özel Durumlar

1. Cisimlerin kütleleri eşitse çarpışma sonrası hızları değişir (Şekil 1.53).



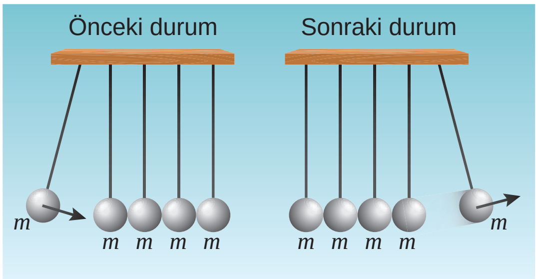
***Şekil 1.53:** Bir boyutta esnek çarpışma yapan eşit kütleli cisimler*

2. Cisimlerin çarpışmadan önceki toplam momentumları sıfır ise geldikleri hız büyüklüğü ile geri döner (Şekil 1.54).



***Şekil 1.54:** Bir boyutta esnek çarpışma yapan cisimler*

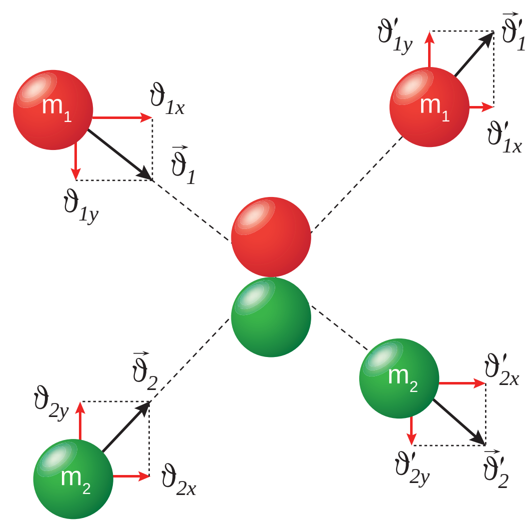
3. Newton beşiğindeki aynı kütleli toplardan birinci top ikinci topa değdiğinde sahip olduğu momentum ikinci topa aktarılır. Bu şekilde en son top ilk topun hızı ve momentumunun büyüklüğüne sahip olur (Şekil 1.55).



***Şekil 1.55:** Newton beşiği*

İki Boyutta Esnek Çarpışmalar

Sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda hız doğrultuları farklı olan cisimlerin çarpışmalarına **iki boyutta esnek çarpışmalar** denir. Bu tür çarpışmalarda hem çizgisel momentum hem de kinetik enerji korunur. Şekil 1.56'daki gibi cisimler çarpışmadan sonra farklı doğrultuda hareket eder. Cisimler çarpışmadan önce ve sonra tek doğrultuda hareket etmediği için cisimlerin çizgisel momentumları iki boyutta incelenir.



Şekil 1.56: *İki boyutta esnek çarpışma yapan cisimler*

Cisimlerin çarpışmadan önceki çizgisel momentumlarının düşey bileşenleri toplamı, çarpışmadan sonraki düşey bileşenlerinin toplamına eşittir.

$$\vec{P}_{1y} + \vec{P}_{2y} = \vec{P}'_{1y} + \vec{P}'_{2y}$$
$$m_1 \cdot \vec{\vartheta}_{1y} + m_2 \cdot \vec{\vartheta}_{2y} = m_1 \cdot \vec{\vartheta}'_{1y} + m_2 \cdot \vec{\vartheta}'_{2y}$$

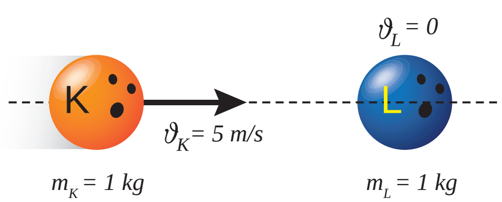
Cisimlerin çarpışmadan önceki çizgisel momentumlarının yatay bileşenleri toplamı, çarpışmadan sonraki yatay bileşenlerinin toplamına eşittir.

$$\vec{P}_{1x} + \vec{P}_{2x} = \vec{P}'_{1x} + \vec{P}'_{2x}$$
$$m_1 \cdot \vec{\vartheta}_{1x} + m_2 \cdot \vec{\vartheta}_{2x} = m_1 \cdot \vec{\vartheta}'_{1x} + m_2 \cdot \vec{\vartheta}'_{2x}$$

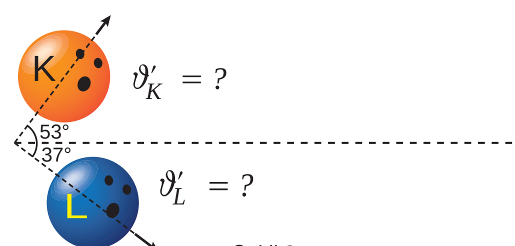
Sistemin çarpışmadan önceki kinetik enerji toplamı, çarpışmadan sonraki kinetik enerji toplamına eşittir.

$$E_1 + E_2 = E'_1 + E'_2$$
$$\tfrac{1}{2} m_1 \cdot \vartheta_1^2 + \tfrac{1}{2} m_2 \cdot \vartheta_2^2 = \tfrac{1}{2} m_1 \cdot \vartheta_1'^2 + \tfrac{1}{2} m_2 \cdot \vartheta_2'^2$$ olur.

1.67. Örnek



Şekil 1



Şekil 2

Sürtünmelerin ihmal edildiği yatay bir düzlemde durmakta olan L topuna 5 m/s hızla hareket eden K topu Şekil 1'deki gibi 5 m/s hızla çarpmaktadır. Özdeş ve 1 kg kütleli K ve L cisimleri çarpışmadan sonra Şekil 2'de gösterilen yönlerde $\vec{\vartheta}'_K$ ve $\vec{\vartheta}'_L$ hızları ile hareket ediyor.

Buna göre ϑ'_K ve ϑ'_L hız büyüklüklerini bulunuz.

(cos 37° = sin 53° = 0,8; cos53° = sin 37° = 0,6 alınız.)

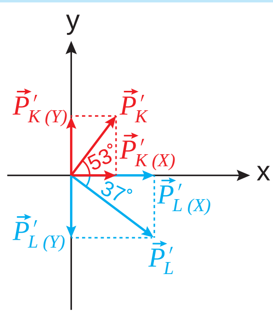
Çözüm

x – y eksenlerindeki toplam momentum korunur.

$p_x = m_K \cdot \vartheta_{K(x)} + m_L \cdot \vartheta_{L(x)}$

$p_x = 1 \cdot 5 + 1 \cdot 0 = 5 N \cdot s$

$p_Y = 0$



$P'_K \cdot \cos 53° + P'_L \cdot \cos 37° = 5$ (1)

$P'_K \cdot \sin 53° + P'_L \cdot \sin 37° = 0$ (2)

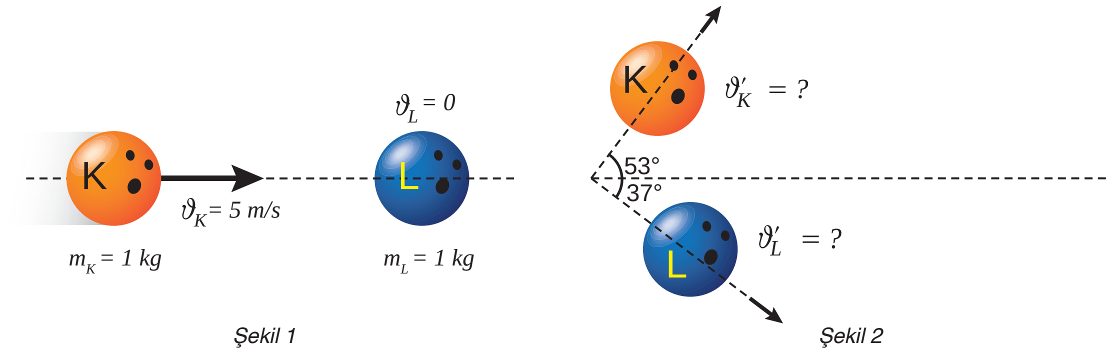
(1) ve (2) denklemleri kullanılarak

$P'_K = 3 N \cdot s$ ve $P'_L = 4 N \cdot s$ bulunur.

$P = m \cdot \vartheta$ bağıntısından

$\vartheta'_K = 3 m/s$ ve $\vartheta'_L = 4 m/s$ elde edilir.

1.68. Örnek



1.65. örnekte bulduğunuz sonuçları dikkate alarak K ve L bovling toplarının yaptığı çarpışmanın esnek olup olmadığını bulunuz.

Çözüm

Esnek çarpışmalarda kinetik enerji korunduğundan cisimlerin çarpışma öncesi kinetik enerjileri ile çarpışma sonrası kinetik enerjileri eşit olmalıdır. 1.65. örnekte bulunan değerler dikkate alındığında

$$E_{K(Ç.Ö.)} = \frac{1}{2} \cdot m_K \cdot \vartheta_K^2 + \frac{1}{2} \cdot m_L \cdot \vartheta_L^2$$

$$E_{K(Ç.Ö.)} = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 5^2 + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 0^2$$

$E_{K(Ç.Ö.)} = 12,5\ J$ bulunur.

$$E_{K(Ç.S.)} = \frac{1}{2} \cdot m_K \cdot \vartheta_K'^2 + \frac{1}{2} \cdot m_L \cdot \vartheta_L'^2$$

$$E_{K(Ç.S.)} = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 3^2 + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 4^2$$

$E_{K(Ç.S.)} = 12,5\ J$ bulunur.

$E_{K(Ç.Ö.)} = E_{K(Ç.S.)}$ olduğundan çarpışma esnek çarpışmadır.

AKLINDA BULUNSUN

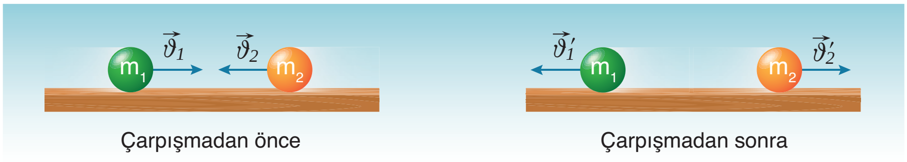
Biri durgun diğeri hareketli hâlde bulunan eşit kütleli cisimler iki boyutta esnek çarpışma yaparsa çarpışmadan sonra cisimlerin hareket doğrultuları arasındaki açı 90° olur.

B) Esnek Olmayan Çarpışmalar

Cisimlerin çizgisel momentumları korunmasına rağmen kinetik enerjilerinin korunmadığı bu çarpışmalara **esnek olmayan çarpışmalar** denir. Bu tür çarpışmalarda çarpışmadan sonra cisimlerde geçici şekil değişikliği meydana gelebilir. Çarpışan cisimler çarpışmadan sonra birbirlerinden bağımsız hareket edebildikleri gibi birlikte de hareket edebilir. Çarpışmadan sonra cisimler kenetlenip birlikte hareket ederlerse bu tür çarpışmalara **tamamen esnek olmayan çarpışmalar** denir.

Sürtünmelerin ihmal edildiği ortamlarda bir boyutta ve iki boyutta gerçekleşen esnek olmayan çarpışmalarda şekil değişikliği olduğundan kinetik enerji kaybı olur. Cisimlerin kazandıkları hız değerleri ile hareket yönleri çizgisel momentumun korunumu ilkesinden yararlanılarak bulunur.

Bir Boyutta Esnek Olmayan Çarpışmalar



Şekil 1.57: *Bir boyutta esnek olmayan çarpışma yapan cisimler*

m_1 kütleli $\vec{\vartheta}_1$ hızına sahip cisim ile m_2 kütleli $\vec{\vartheta}_2$ hızına sahip Şekil 1.57'deki gibi tek boyutta esnek olmayan çarpışma yaparsa çarpışmadan sonra $\vec{\vartheta}_1'$ ve $\vec{\vartheta}_2'$ hızlarıyla aynı doğrultuda hareket eder.

Sistemin çarpışmadan önceki toplam çizgisel momentumu çarpışmadan sonraki toplam çizgisel momentumuna eşittir. Buna göre

$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \vec{P}_1' + \vec{P}_2'$$

$$m_1 \cdot \vec{\vartheta}_1 + m_2 \cdot \vec{\vartheta}_2 = m_1 \cdot \vec{\vartheta}_1' + m_2 \cdot \vec{\vartheta}_2'$$ olur.

m_1 kütleli cismin hareket yönü pozitif olarak seçilirse

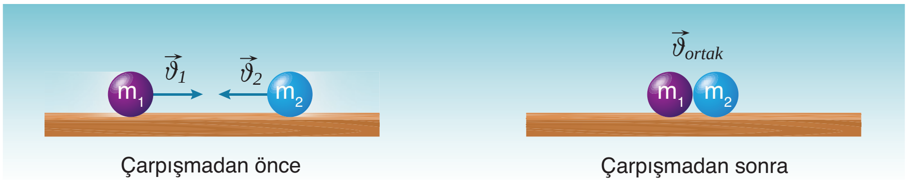
$$m_1 \cdot \vartheta_1 - m_2 \cdot \vartheta_2 = m_1 \cdot \vartheta_1' + m_2 \cdot \vartheta_2'$$ olur.

Esnek olmayan çarpışmalardan sonra çizgisel momentum korunurken kinetik enerji korunmaz. Sistemin çarpışmadan önceki kinetik enerjisi çarpışmadan sonraki kinetik enerjisinden büyüktür.

$$E_1 + E_2 > E_1' + E_2'$$

$$\tfrac{1}{2}m_1 \cdot \vartheta_1^2 + \tfrac{1}{2}m_2 \cdot \vartheta_2^2 > \tfrac{1}{2}m_1 \cdot \vartheta_1'^2 + \tfrac{1}{2}m_2 \cdot \vartheta_2'^2$$ olur.

Bir Boyutta Tamamen Esnek Olmayan Çarpışmalar



Şekil 1.58: *Bir boyutta tamamen esnek olmayan çarpışma yapan cisimler*

Şekil 1.58'deki gibi m_1 kütleli $\vec{\vartheta}_1$ hızına sahip cisim ile m_2 kütleli $\vec{\vartheta}_2$ hızına sahip cisim, tek boyutta tamamen esnek olmayan çarpışma yaparak kenetlenirse kütleler birlikte $\vec{\vartheta}_{ortak}$ hızıyla hareket eder. Sistemin çarpışmadan önceki çizgisel momentumu çarpışmadan sonraki çizgisel momentumuna eşittir. Buna göre

$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \vec{P}_{ortak}$$

$$m_1 \cdot \vec{\vartheta}_1 + m_2 \cdot \vec{\vartheta}_2 = (m_1 + m_2)\vec{\vartheta}_{ortak}$$ olur.

m_1 kütleli cismin hareket yönü pozitif olarak seçilirse

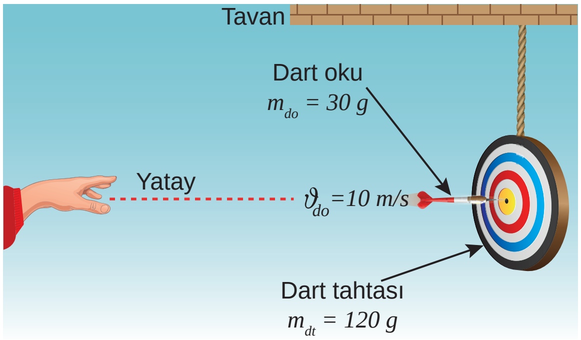
$$m_1 \cdot \vartheta_1 - m_2 \cdot \vartheta_2 = (m_1 + m_2)\vartheta_{ortak}$$ olur.

Tamamen esnek olmayan çarpışmalardan sonra çizgisel momentum korunurken kinetik enerji korunmaz. Sistemin çarpışmadan önceki kinetik enerjisi çarpışmadan sonraki kinetik enerjisinden büyüktür.

$$E_1 + E_2 > E_{ortak}$$

$$\tfrac{1}{2}m_1 \cdot \vartheta_1^2 + \tfrac{1}{2}m_2 \cdot \vartheta_2^2 > \tfrac{1}{2}(m_1 + m_2)\vartheta_{ortak}^2$$ olur.

1.69. Örnek



Yağız, kütlesi ihmal edilen bir ipe bağlanmış 120 g kütleli (m_{dt}) dart tahtasına 30 g kütleli (m_{do})dart okunu yatayda 10 m/s hız büyüklüğü ile atıp saplıyor.

Çarpma sonrası birlikte hareket eden dart oku ve dart tahtası en fazla kaç m yükselebilir?

(Hava direnci ihmal edilmektedir. g = 10 m/s² alınız.)

Çözüm

Momentumun korunumuna göre dart oku ve dart tahtasının çarpışma öncesinde ve sonrasında toplam momentumları eşittir. Buna göre

$$m_{do} \cdot \vec{\vartheta}_{do} + m_{dt} \cdot \vec{\vartheta}_{dt} = (m_{do} + m_{dt}) \cdot \vec{\vartheta}_{ort}$$

$$30 \cdot 10 + 120 \cdot 0 = (30 + 120) \cdot \vartheta_{ort}$$

$$300 = 150 \cdot \vartheta_{ort}$$

$$\vartheta_{ort} = 2 \ m/s$$ bulunur.

Enerjinin korunumuna göre dart oku ve dart tahtasının çarpışma sonrasındaki kinetik enerjisi maksimum yükseklikte yer çekimi potansiyel enerjisine dönüşür.

$$m_{toplam} = m_{do} + m_{dt}$$

$$\frac{1}{2} \cdot m_{toplam} \cdot (\vartheta_{ort})^2 = m_{toplam} \cdot g \cdot h_{max}$$

$$\frac{1}{2} \cdot (2)^2 = 10 \cdot h_{max}$$

$$h_{max} = 0,2 \ m$$ bulunur.

İki Boyutta Esnek Olmayan Çarpışmalar

Şekil 1.59'daki gibi $\vec{\vartheta}_1$ hızına sahip cisim ile m_2 kütleli $\vec{\vartheta}_2$ hızına sahip cisim, iki boyutta esnek olmayan çarpışma yaparsa çarpışmadan sonra $\vec{\vartheta}'_1$ ve $\vec{\vartheta}'_2$ hızlarıyla doğrultularını değiştirerek hareket eder. Sistemin çarpışmadan önceki toplam çizgisel momentumu çarpışmadan sonraki toplam çizgisel momentumuna eşittir.

Cisimlerin çarpışmadan önceki çizgisel momentumlarının düşey bileşenleri toplamı, çarpışmadan sonraki düşey bileşenlerinin toplamına eşittir.

$$\vec{P}_{1y} + \vec{P}_{2y} = \vec{P}'_{1y} + \vec{P}'_{2y}$$

$$m_1 \cdot \vec{\vartheta}_{1y} + m_2 \cdot \vec{\vartheta}_{2y} = m_1 \cdot \vec{\vartheta}'_{1y} + m_2 \cdot \vec{\vartheta}'_{2y}$$ olur.

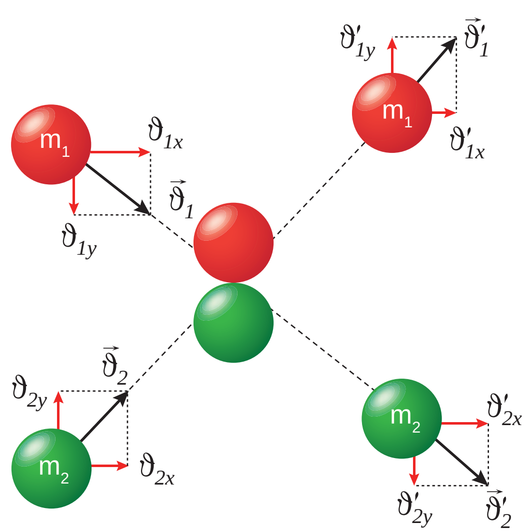
Cisimlerin çarpışmadan önceki çizgisel momentumlarının yatay bileşenleri toplamı, çarpışmadan sonraki yatay bileşenlerinin toplamına eşittir.

$$\vec{P}_{1x} + \vec{P}_{2x} = \vec{P}'_{1x} + \vec{P}'_{2x}$$

$$m_1 \cdot \vec{\vartheta}_{1x} + m_2 \cdot \vec{\vartheta}_{2x} = m_1 \cdot \vec{\vartheta}'_{1x} + m_2 \cdot \vec{\vartheta}'_{2x}$$ olur.

Sistemin çarpışmadan önceki kinetik enerji toplamı, çarpışmadan sonraki kinetik enerji toplamından büyüktür.

$$E_{K1} + E_{K2} > E'_{K1} + E'_{K2}$$ olur.



Şekil 1.59: *İki boyutta esnek olmayan çarpışma yapan cisimler*

İki Boyutta Tamamen Esnek Olmayan Çarpışmalar

Şekil 1.60'daki gibi m_1 kütleli $\vec{\vartheta}_1$ hızına sahip cisim ile m_2 kütleli $\vec{\vartheta}_2$ hızına sahip cisim, iki boyutta tamamen esnek olmayan çarpışma yaparak kenetlenirse kütleler birlikte $\vec{\vartheta}_{ortak}$ hızıyla hareket eder. Sistemin çarpışmadan önceki çizgisel momentumu çarpışmadan sonraki çizgisel momentumuna eşittir. Buna göre cisimlerin çarpışmadan önceki çizgisel momentumlarının düşey bileşenleri toplamı, çarpışmadan sonraki düşey bileşenine eşittir.

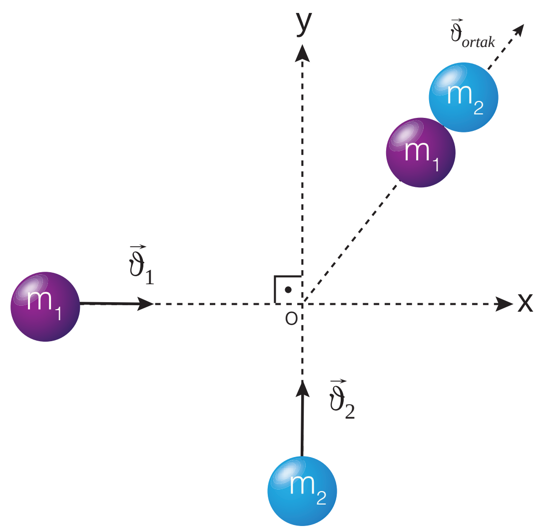
$$\vec{P}_{1y} + \vec{P}_{2y} = \vec{P'}_{1y} + \vec{P'}_{2y}$$
$$m_1 \cdot \vec{\vartheta}_{1y} + m_2 \cdot \vec{\vartheta}_{2y} = (m_1 + m_2) \cdot (\vec{\vartheta}_{ortak})_y$$ olur.

Cisimlerin çarpışmadan önceki çizgisel momentumlarının yatay bileşenleri toplamı, çarpışmadan sonraki yatay bileşenine eşittir.

$$\vec{P}_{1x} + \vec{P}_{2x} = \vec{P'}_{1x} + \vec{P'}_{2x}$$
$$m_1 \cdot \vec{\vartheta}_{1x} + m_2 \cdot \vec{\vartheta}_{2x} = (m_1 + m_2) \cdot (\vec{\vartheta}_{ortak})_x$$ olur.

Tamamen esnek olmayan çarpışmalardan sonra çizgisel momentum korunurken kinetik enerji korunmaz. Sistemin çarpışmadan önceki kinetik enerjisi, çarpışmadan sonraki kinetik enerjisinden büyüktür.

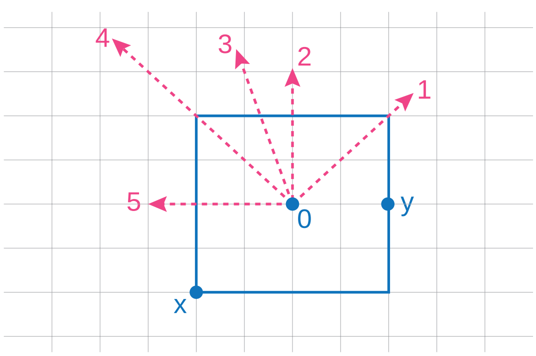
$$E_1 + E_2 > E_{ortak}$$
$$\frac{1}{2} m_1 \cdot \vartheta_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot \vartheta_2^2 > \frac{1}{2}(m_1 + m_2) \cdot \vartheta_{ortak}^2$$ olur.



Şekil 1.60: *İki boyutta tamamen esnek olmayan çarpışma yapan cisimler*

Konu ile ilgili video için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

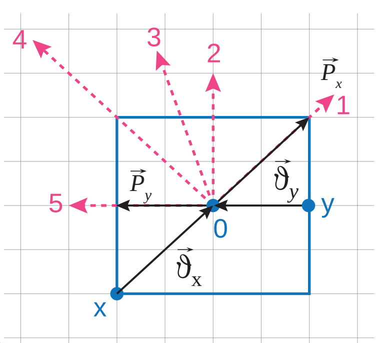
1.70. Örnek



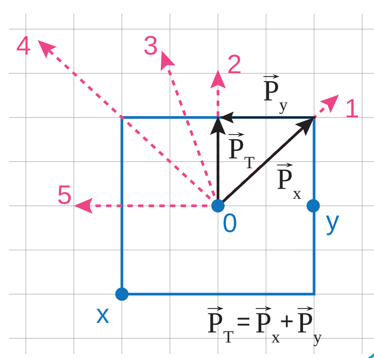
Sürtünmelerin ihmal edildiği eşit kare bölmelere ayrılmış yatay bir düzlemde eşit kütleli iki cisim, x ve y noktalarından aynı anda geçiyor.

Cisimler, O noktasında birbirlerine yapıştıklarına göre yapışma anından sonra hangi yönde hareket eder?

Çözüm



Cisimlerin momentum ve hız vektörleri gösterilebilir. Buradan toplam momentum vektörü 2 yönünde olduğu için cisimler 2 yönünde hareket eder.



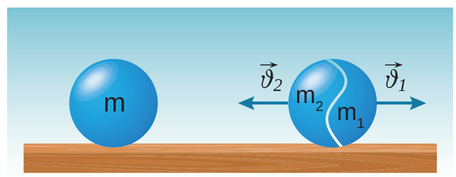
Patlamalar

İç kuvvetin etkisiyle oluşan dağılmalardır (Görsel 1.19). Patlama olaylarından sonra parçacıkların çizgisel momentumları korunmasına rağmen kinetik enerji korunmaz. Patlama olaylarında parçacıklar uzayda her yöne dağılmalarına rağmen bu bölümde bir veya iki boyutta gerçekleşen olaylar incelenmektedir.



Görsel 1.19: *İç patlama sonucu etrafa saçılan parçacıklar*

Bir boyutlu patlamalarda sürtünmeleri ihmal edilmiş yatay düzlemde durmakta olan m kütleli cisim, iç patlama sonucunda m_1 ve m_2 kütleli parçacıklara ayrılarak hareket eder (Şekil 1.61). Patlama sonucu m_1 ve m_2 kütleli cisimler, $\vec{\vartheta}_1$ ve $\vec{\vartheta}_2$ hızlarını kazanarak zıt yönde hareket eder. Patlama sonucunda parçacıkların çizgisel momentumlarının toplamı sıfırdır. Patlama öncesinde durgun parçacığın çizgisel momentumu $\vec{P}$, patlamadan sonra oluşan m_1 kütlesinin çizgisel momentumu $\vec{P}_1$ ve m_2 kütlesinin çizgisel momentumu $\vec{P}_2$ nin toplamına eşittir. Buna göre



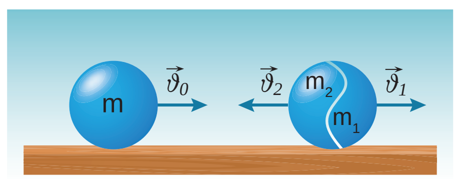
Şekil 1.61: *Durmakta olan cismin iç patlaması*

$\vec{P} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2$

$0 = \vec{P}_1 + \vec{P}_2$ şeklindedir.

m kütleli cisim Şekil 1.62'deki gibi patlamadan önce parçacık $\vec{\vartheta}_0$ ilk hızına sahip ise

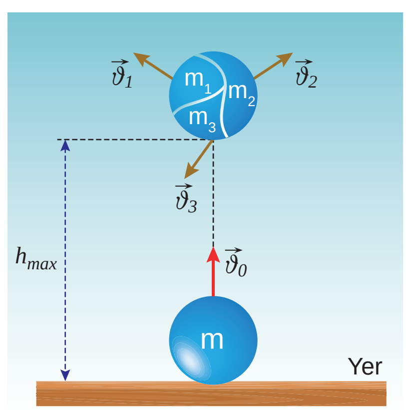
$\vec{P} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2$ bulunur.



Şekil 1.62: *Hareketli cismin iç patlaması*

Şekil 1.63'teki m kütleli cisim, aşağıdan yukarıya $\vec{\vartheta}_0$ ilk hızı ile atılıyor. m_1, m_2 ve m_3 kütleli üç parçacığa ayrılarak hareket doğrultusunda patlamaya uğruyor. Bu patlama iki boyutta patlamadır. Buna göre m kütleli cismin çizgisel momentumu $\vec{P}$, patlamadan sonra oluşan m_1 kütlesinin çizgisel momentumu $\vec{P}_1$, m_2 kütlesinin çizgisel momentumu $\vec{P}_2$ ve m_3 kütlesinin çizgisel momentumu $\vec{P}_3$ olmak üzere

$\vec{P} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{P}_3$ olur. Maksimum yükseklikte patlamadan önce çizgisel momentum sıfır olduğundan bu bağıntı sıfıra eşittir.

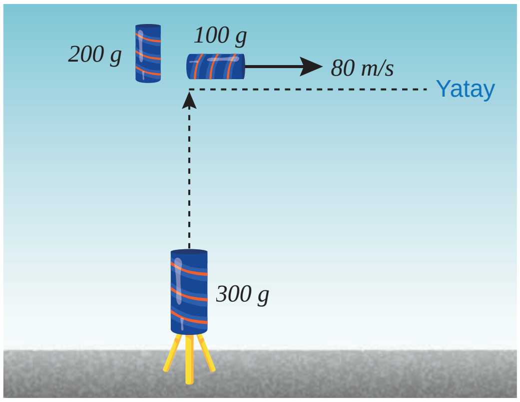


Şekil 1.63: *Aşağıdan yukarıya doğru atılan cismin iç patlaması*

AKLINDA BULUNSUN

Cisim, çıkabileceği maksimum yükseklikte patlamayabilir. Daha öncesinde veya sonrasında da patlayabilir. Ama her durumda patlamadan önce ve patlamadan sonra çizgisel momentum korunur.

1.71. Örnek



Sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda 300 g kütleli bir havai fişek kabı, 50 m/s hızla düşey yukarı doğru atılıyor. Fişek 2 s sonra patlayarak 200 g ve 100 g'lık iki parçaya ayrılıyor.

100 g kütleli parça 80 m/s hız büyüklüğü ile yatay atış hareketi yaptığına göre 200 g kütleli parçanın hız büyüklüğü kaç m/s olur?

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Çözüm

Aşağıdan yukarıya düşey atış hareketi yapan fişek için 2 s sonraki ϑ_{son} hızının büyüklüğü

$\vartheta_{son} = \vartheta_0 - g \cdot t$

$\vartheta_{son} = 50 - 10 \cdot 2$

$\vartheta_{son} = 50 - 20 = 30\ m/s$ bulunur.

Fişek 30 m/s hız büyüklüğüne sahipken patlama öncesi çizgisel momentumu, patlama sonrasında oluşan parçaların çizgisel momentumlarının toplamına eşittir. 200 gramlık parçanın momentumuna P_1 ve 100 gramlık parçanın momentumuna P_2 denilirse

$P_{ilk} = m_T \cdot 30$

$P_{ilk} = 300 \cdot 30$

(Patlama öncesi)

$P_1 = 200 \cdot \vartheta_1 = ?$

$P_2 = m_2 \cdot \vartheta_2$

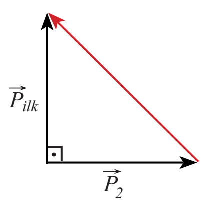
$P_2 = 100 \cdot 80$

(Patlama sonrası)

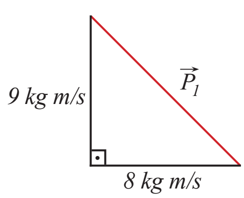
$\vec{P}_{ilk} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2$

$\vec{P}_1 = \vec{P}_{ilk} - \vec{P}_2$

Vektörlerin çıkarma işlemi yapılırsa



Kütle birimi olarak kg kullanılırsa



$P_1^2 = 9^2 + 8^2$

$P_1^2 = 81 + 64$

$P_1^2 = 145$

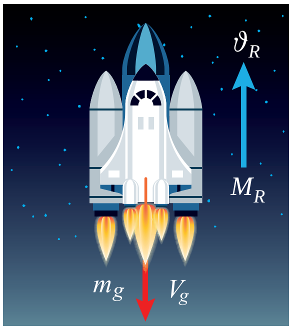
$P_1 = \sqrt{145}\ kg\ m/s$

$P_1 = m_1 \cdot \vartheta_1$

$\sqrt{145} = 0,2 \cdot \vartheta_1 \Longrightarrow \vartheta_1 = \dfrac{\sqrt{145}}{0,2} = \dfrac{10 \cdot \sqrt{145}}{2}$

$\vartheta_1 = 5\sqrt{145}\ m/s$ bulunur.

Roketler



***Şekil 1.64:** Rokete uygulanan itme ile roketin hızlanması*

Uzaya gönderilmek üzere hareketlenen bir uzay aracı, deposundaki gazı yakıp yüksek hızla dışarı atarak hızlanır. Roketlerde yakılan gaz büyük bir hızla dışarı atılırken bu durum rokete bir itme ve dolayısıyla hız kazandırır (Şekil 1.64). Başlangıçta roket durgun olduğundan çizgisel momentum sıfırdır. Bu olayda çizgisel momentum korunurken kinetik enerji korunmaz. Bu nedenle gaz yanmaya başladığında yine toplam çizgisel momentumun sıfır olması gerekir. Gaz atılmadan önce gazın çizgisel momentumu P_g ve roketin çizgisel momentumu P_R olmak üzere $\vec{P_g} = \vec{P_R} = 0$'dır. Gaz atıldıktan sonra $\vec{P_g} + \vec{P_R} = 0$ $\vec{P_R} = -\vec{P_g}$ bulunur. m_R gaz atıldıktan sonra roketin kütlesi, m_g atılan gazın kütlesi, $\vec{\vartheta_R}$ roketin hızı ve $\vec{\vartheta_g}$ atılan gazın hızı olmak üzere

$m_R \cdot \vec{\vartheta_R} = -m_g \cdot \vec{\vartheta_g}$ elde edilir.

Uzaya roket gönderilirken başta gaz çıkmasına rağmen roket hemen havalanmaz. Çünkü roketin havalanması için gazın itmeden dolayı oluşturduğu kuvvetin büyüklüğü, roketin ağırlık büyüklüğüne eşit olmalıdır veya roketin ağırlık büyüklüğünden daha büyük olmalıdır.

1.72. Örnek



Üzerine roket monte edilmiş bir araştırma uydusu Dünya'ya dönmeden hemen önce durgunken harekete geçişi sırasında 1500 kg gazı 1000 m/s hızla geri attığında kütlesi 500 kg oluyor.

Bu şartlar altında uydunun Dünya'ya dönüş hızının büyüklüğünü hesaplayınız.

Çözüm

Roketteki gaz atılmadan önce roket hareketsiz olduğu için momentumu sıfırdır. Momentumun korunumuna göre gaz atıldıktan sonra gazın ve roketin momentumlarının toplamı da sıfır olmalıdır. Buna göre $\Delta\vec{\vartheta}$: Roketin hızındaki değişim,

m : Roketin kütlesi,

Δm : Atılan gazın kütlesi,

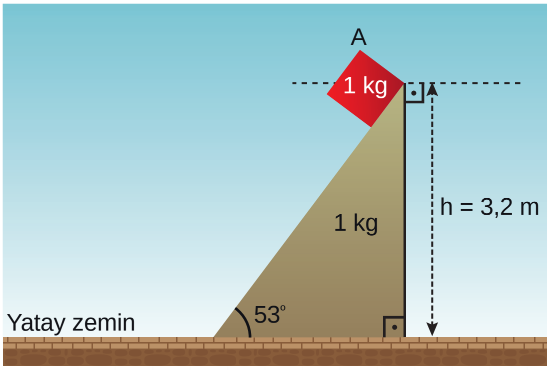
$\vec{\vartheta}_{gaz}$: Atılan gazın hızı denirse

$m \cdot \Delta\vec{\vartheta} + \Delta m \cdot \vec{\vartheta}_{gaz} = 0$ olur. Buradan $\Delta\vartheta = \dfrac{-\Delta m \cdot \vartheta_{gaz}}{m}$

$$\Delta\vartheta = \vartheta_{son} - \vartheta_{ilk}$$
$$\Delta\vartheta = \vartheta_{son} - 0$$
$$\Delta\vartheta = \vartheta_{son} \Longrightarrow \vartheta_{son} = -\frac{1500 \cdot 1000}{500}$$
$\vartheta_{son} = -3000\ m/s$ bulunur.

Burada - işareti, roketin hızının atılan gazın hızına ters yönde olduğunu ifade eder. Roketin Dünya'ya dönüş hızının büyüklüğü 3000 m/s olur.

FİNAL SORUSU



Sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda durgun hâlde bulunan 1 kg kütleli bir eğik düzlemin en yüksek noktasından 1 kg kütleli bir A cismi serbest bırakılmaktadır. Eğik düzlemin zeminden yüksekliği 3,2 m olduğuna göre

A cismi zemine ulaştığı anda eğik düzlemin ve cismin momentum büyüklükleri kaç kg m/s bulunur?

($\cos 53° = 0,6$; $\sin 53° = 0,8$; $g = 10\ m/s^2$ alınız.)

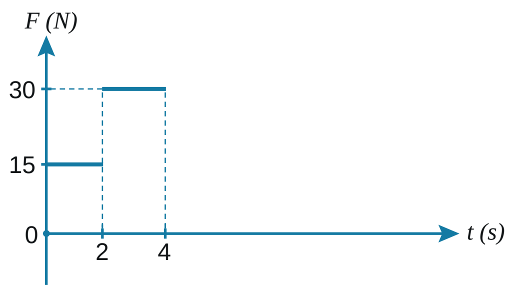
7. BÖLÜM ÇALIŞMA SORULARI

1. Soru

Aşağıda çarpışmalar ile ilgili metin verilmiştir. Metinde boş bırakılan noktalı alanlara uygun kavramları yazarak metni tamamlayınız.

Tüm çarpışmalarda .... korunur. Kinetik enerjinin korunduğu çarpışmalara .... çarpışma, korunmadığı çarpışmalara .... çarpışma denir. Çarpışmadan sonra cisimlerin kenetlenip birlikte hareket ettiği çarpışmalar .... çarpışmalar olarak bilinir. Çarpışmalarda olduğu gibi iç patlama sonucu parçalara ayrılan bir cismin de .... korunur.

2. Soru



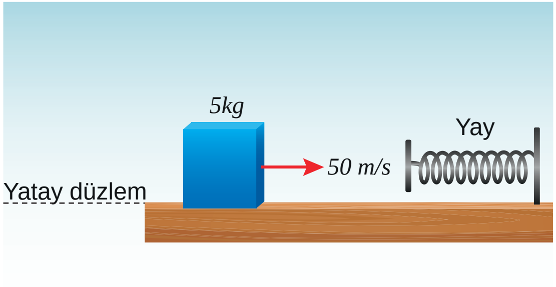
Sürtünmenin ihmal edildiği yatay zemin üzerinde 15 m/s'lik hızla hareket etmekte olan 2 kg'lık cisme ait F-t grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre cismin 4 s sonraki hızının büyüklüğü kaç m/s olur?

3. Soru

Sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda 200 g kütleli bir top yerden düşey olarak yukarı yönde 20 m/s hızla atılsaydı yere gelene kadar topa uygulanan itme kaç N·s olurdu? *($g = 10\ m/s^2$ alınız.)*

4. Soru

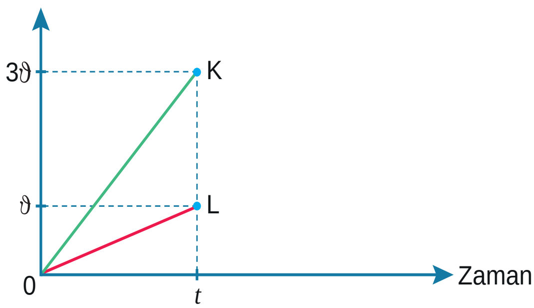


Sürtünmenin ihmal edildiği yatay düzlemde 50 m/s'lik hız büyüklüğü ile hareket eden 5 kg kütleli cisim yaya çarparak yayı sıkıştırmaktadır.

Yayın maksimum miktarda sıkışması için geçen sürede cisme uygulanan itmenin büyüklüğü kaç N·s olur?

Devam ediyor.

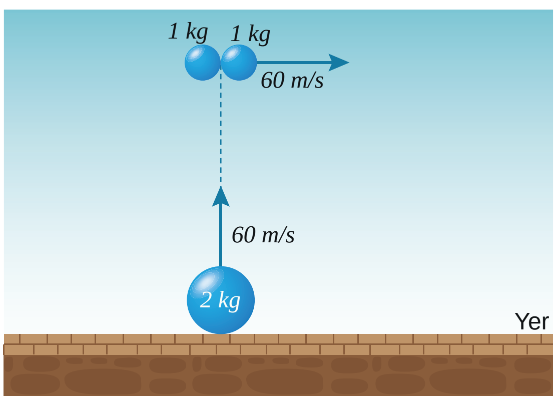
5. Soru



İlk hızsız olarak harekete başlayan K ve L araçlarının kütleleri sırasıyla m ve 4m'dir. t süre sonra K aracının hız büyüklüğü 3ϑ ve L aracının hız büyüklüğü ϑ 'dir.

Buna göre bu süre içinde araçlara etki eden itmelerin büyüklükleri oranı $\frac{I_K}{I_L}$ kaçtır?

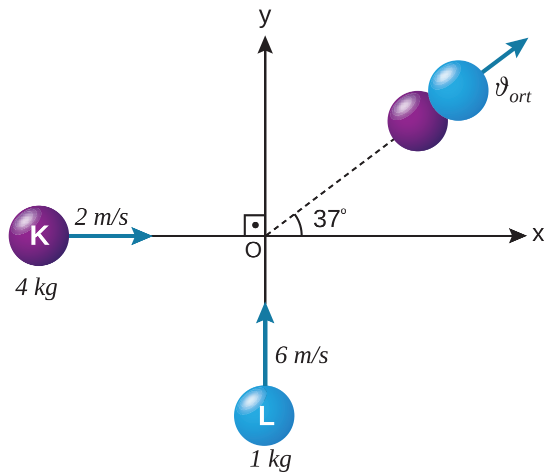
6. Soru



Hava sürtünmesinin ihmal edildiği bir ortamda kütlesi 2 kg olan bir cisim, aşağıdan yukarıya doğru 60 m/s hızla atılıyor. Cisim atıldıktan 2 s sonra bir iç patlamaya uğrayarak 1 kg'lık iki parçaya ayrılıyor.

Patlamadan hemen sonra 1 kg kütleli parçacıklardan biri 60 m/s hızla yatay atış hareketi yaptığına göre diğer parçacığın hızının büyüklüğü kaç m/s olur? *($g = 10\ m/s^2$ alınız.)*

7. Soru



Sürtünmenin ihmal edildiği xy düzleminde hareket eden K ve L cisimleri O noktasında esnek olmayan bir çarpışma yaptıktan sonra ortak hızla $\vec{\vartheta}_{ort}$ birlikte hareket etmektedir.

Buna göre cisimlerin birlikte hareket ettikleri ϑ_{ort} hızının büyüklüğü kaç m/s'dir?

($\sin 37° = 0,6$; $\cos 37° = 0,8$; $g = 10\ m/s^2$ alınız.)

8. Soru

Düşey doğrultuda serbest bırakılan bir top 10 m/s'lik bir hızla yere çarparak 8 m/s'lik hızla geri dönmektedir.

Topun kütlesi 2 kg olduğuna göre çarpışma sırasında topa etki eden itmenin büyüklüğü kaç N·s'dir?

1.8. TORK

HAZIR MISINIZ?

ARCHIMEDES’İN AMACI

“Bana bir dayanak noktası ve yeterli uzunlukta bir kaldıraç verin, Dünya’yı yerinden oynatayım.” diyen Archimedes’in (Arşimet) yapmak istediği elbette Dünya’yı yerinden oynatmak değildir. Asıl amacı yapılamayacak gibi görünen ve çok büyük kuvvet gerektiren işlerin de bilim sayesinde yapılabileceğini ortaya koymaktır.

Archimedes’in bu görüşünden yararlanarak küçük bir kuvvetle büyük ve ağır cisimleri bir dönme ekseni etrafında hareket ettirebilirsiniz.



Örneğin şekilde gösterildiği gibi dönme ekseni etrafında dönebilen çubuğa A ve B noktalarından aynı büyüklükte dik kuvvet uygulanması durumunda çubuk, B noktasından kuvvet uygulayan kişinin istediği yönde döner. Çubuğu döndürme konusunda B noktasından kuvvet uygulayan kişi daha avantajlı olur. Bu durumun sebebini anlamak için biraz fizik bilgisi, merak ve gözlem yeterli olacaktır.

1. soru: Sizce metinde kuvvetin hangi etkisinden bahsedilmektedir? Gerekçelendirerek açıklayınız.

....

....

....

....

....

2. soru: B noktasından kuvvet uygulayan kişinin avantajlı olmasının sebebi ne olabilir? Gerekçelendirerek açıklayınız.

....

....

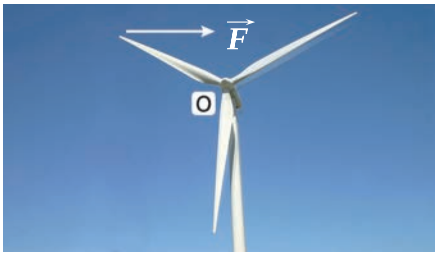
....

....

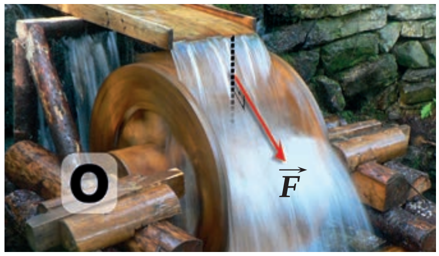
....

1.8.1. TORK KAVRAMI

Kuvvet; cisimler üzerinde şekil, yön ve hız değişikliği yapabileceği gibi döndürme etkisi de oluşturabilir.



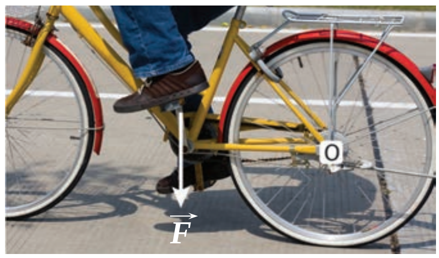
a) *Rüzgârın uyguladığı kuvvet etkisiyle O ekseni etrafında dönebilen rüzgâr türbini*



b) *Suyun uyguladığı kuvvet etkisiyle O ekseni etrafında dönebilen su değirmeni*



c) *Kapatılmaya çalışılan musluk*



ç) *Pedalına basılarak hareket ettirilen bisiklet*

Görsel 1.20: *Kuvvetin döndürme etkisi*

Rüzgâr türbini rüzgârın uyguladığı kuvvet (Görsel 1.20.a), su değirmenine suyun uyguladığı kuvvet (Görsel 1.20.b), musluğu açarken veya kapatırken el ile uygulanan kuvvet (Görsel 1.20.c) ve bisiklet sürerken bisiklet pedalına ayak ile uygulanan kuvvet (Görsel 1.20.ç) cisimler üzerinde döndürme etkisi oluşturur.

Fizikte bir kuvvetin cismi bir eksen veya nokta etrafında döndürme etkisine **tork** denir. Tork, vektörel bir büyüklüktür ve $\vec{\tau}$ sembolü ile gösterilir.

Torkun büyüklüğü, uygulanan dik kuvvetin büyüklüğüne (F) ve kuvvetin dönme noktasına veya dönme eksenine olan dik uzaklığına (d) bağlıdır. Dik kuvvetin büyüklüğü ve kuvvetin dönme noktasına dik uzaklığı arttıkça tork da doğru orantılı olarak artar. Buna göre tork $\vec{\tau} = \vec{d} x \vec{F}$ vektörel çarpımı ile bulunur ve birimi SI' da N·m'dir. Bu çarpımın sonucunda tork, $\vec{F}$ ve $\vec{d}$ vektörlerine dik yeni bir vektördür. Bu vektörün yönü belirlenirken **sağ el kuralı** kullanılır.



Görsel 1.21: *Sağ el kuralı ile $\vec{\tau}$, $\vec{d}$ ve $\vec{F}$ vektörlerinin gösterimi*

Sağ el kuralına göre sağ elin dört parmağı $\vec{F}$ ve avuç içi dönme noktasını veya eksenini gösterdiğinde baş parmak $\vec{\tau}$ vektörünün yönünü gösterir. Buna göre Görsel 1.21'deki gibi cıvata somununu açmak için anahtara kuvvet uygulandığında torkun yönü sayfa düzlemine dik ve dışarıya doğru olur. Sayfa düzlemine dik vektörler kâğıt üzerinde ⊗ sayfa düzlemine dik ve içe doğru, ⊙ sayfa düzlemine dik ve dışa doğru şeklinde gösterilir.

Konu ile ilgili video için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

DİKKAT

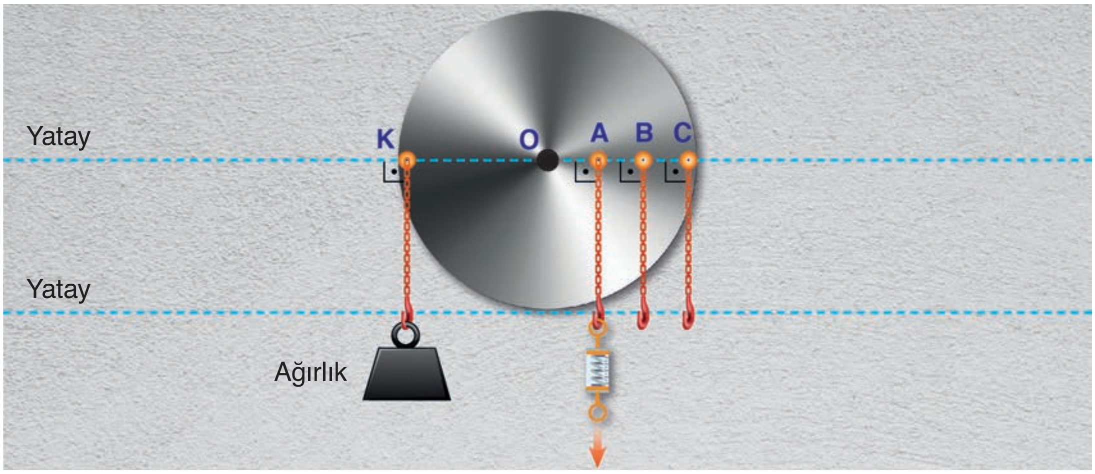
$\vec{\tau}$, $\vec{d}$ ve $\vec{F}$ vektörleri birbirlerine dik olduğunda herhangi iki vektör sayfa düzleminde gösterilirse üçüncü vektörün gösterimi sayfa düzlemine dik olmalıdır.

1.8.2. TORKUN BAĞLI OLDUĞU DEĞİŞKENLER

7. ETKİNLİK

Etkinlik Adı	**TORKUN BAĞLI OLDUĞU DEĞİŞKENLER**	30 dk.
Amacı	Torkun bağlı olduğu değişkenleri inceleyebilme.	Bireysel etkinlik
Araç Gereç	merkezî rulmanlı dairesel tahta veya metal levha, cetvel, yapıştırıcı, ip, dinamometre, zincire bağlı kancalı vidalar ve ağırlık	

Yönerge: *Aşağıdaki etkinlik adımlarını sırayla uygulayarak soruları cevaplayınız.*



1. adım: O noktası etrafında serbestçe dönebilen şekildeki dairesel levha düzeneğini düşey düzlemde kurunuz.
2. adım: Düzenekte bulunan K noktasındaki kancalı vidaya ağırlığı asınız.
3. adım: Düzenekte bulunan A noktasındaki kancalı vidaya dinamometreyi asınız.
4. adım: Dinamometreyi düşey aşağıya doğru doğru elinizle çekerek K-C doğrusunun yatayda kalmasını sağlayınız.
5. adım: Dinamometrede okunan değeri not alınız.
6. adım: Dinamometrenin kancasını sırasıyla B ve C noktasındaki kancalı vidalara takarak 4 ve 5. adımları tekrarlayınız.

Değerlendirme

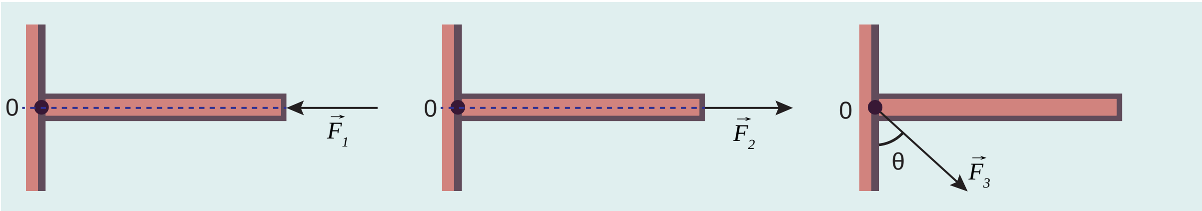
1. Dinamometrede okuduğunuz kuvvet değerlerini karşılaştırınız.

....
....
....
....

2. A, B ve C noktalarının dönme noktası olan O'ya dik uzaklıkları sırasıyla r, 2r ve 3r'dir. Bu uzaklıklar ile dinamometrede okunan kuvvet değerleri arasındaki ilişkiyi açıklayarak torka ilişkin matematiksel bir model oluşturunuz.

....
....
....

Kuvvet dönme noktasına uygulanıyor veya kuvvetin doğrultusu dönme noktasından geçiyorsa o kuvvet tork oluşturamaz (Şekil 1.65).



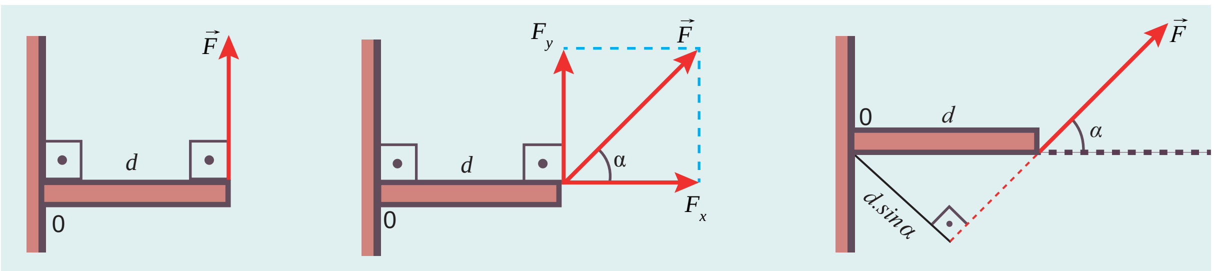
***a)** Uzantısı dönme noktasından geçen itme kuvveti*

***b)** Uzantısı dönme noktasından geçen çekme kuvveti*

***c)** Dönme noktasına uygulanan kuvvet*

***Şekil 1.65:** Doğrultusu dönme noktasından geçen ve tork oluşturamayan kuvvetler*

Kuvvetin tork oluşturduğu durumlar Şekil 1.66'da gösterildiği gibidir.



***a)** Kuvvetin tork oluşturduğu durum*

***b)** Kuvvetin bileşenlerinin tork oluşturduğu durum*

***c)** Kuvvetin tork oluşturduğu durum*

***Şekil 1.66:** Tork etkisi oluşturan kuvvetin uygulanma durumları*

$\vec{\tau} = \vec{d} x \vec{F}$ vektörel çarpım ifadesinde $\vec{d}$ ve $\vec{F}$ vektörleri birbirine dik olduğunda torkun büyüklüğü

$\tau = F \cdot d$ bağıntısıyla bulunur (Şekil 1.66.a).

Kuvvetin $\vec{d}$ konum vektörüne dik olmadığı durumlarda kuvvetin $\vec{d}$ konum vektörüne dik bileşeni bulunarak torkun büyüklüğü

$\tau = F_y \cdot d$ ile hesaplanır.

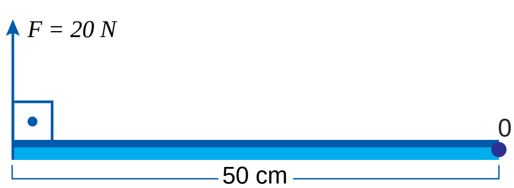
$F_y = F \cdot sin\alpha$ olduğundan

$\tau = F \cdot sin\alpha \cdot d$ bağıntısı ile bulunur (Şekil 1.66.b) veya kuvvetin dönme noktasına dik uzaklığı çizilerek

$\tau = F \cdot d \cdot sin\alpha$ bağıntısı ile de hesaplanabilir (Şekil 1.66.c).

Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

1.73. Örnek



O noktası etrafında serbestçe dönebilen 50 cm uzunluğundaki ağırlığı ihmal edilen çubuğa şekildeki gibi 20 N büyüklüğünde bir kuvvet uygulanıyor.

Buna göre $\vec{F}$ kuvvetinin O noktasına göre oluşturduğu torkun büyüklüğü ve yönü ne olur?

($sin\,90^o = 1$)

Çözüm

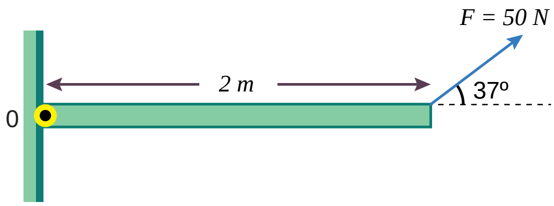
O noktasına uygulanan torkun büyüklüğü

$\tau = F \cdot d \cdot sin\,90°$

$= 20 \cdot 0,5 \cdot 1$

$= 10\ N \cdot m$ bulunur. Torkun yönü ise sağ el kuralına göre sayfa düzlemine dik ve içe doğru olur.

1.74. Örnek



Sürtünmelerin ve 2 m uzunluğundaki çubuğun ağırlığının ihmal edildiği sistemde çubuk, O noktasından geçen eksen etrafında serbestçe dönebilmektedir.

Buna göre çubuğun ucuna yatayla 37° açı yapacak şekilde uygulanan 50 N büyüklüğündeki kuvvetin O noktasına göre torkunun büyüklüğü kaç N·m olur?

(cos 37° = 0,8; sin37° =0,6 alınız.)

Çözüm

1. Yol

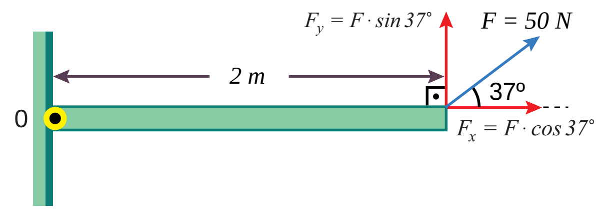
Kuvvetin F_x bileşeni tork etkisi oluşturmaz. Dolayısıyla $\vec{F}$ kuvvetinin O noktasından geçen dönme eksenine göre torku F_y bileşeninden bulunur. Torkun yönü ise sağ el kuralına göre sayfa düzlemine dik ve dışa doğru olur.

$\tau = F_y \cdot d$

$\tau = F \cdot sin\,37° \cdot d$

$\tau = 50 \cdot 0,6 \cdot 2$

$\tau = 60\ N \cdot m$ bulunur.



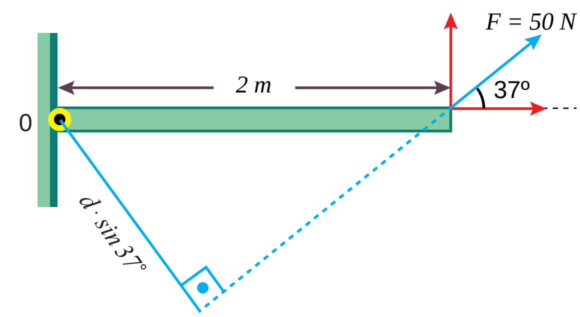
2. Yol

Kuvvetin O noktasından geçen dönme eksenine göre dik uzaklığı kullanılarak

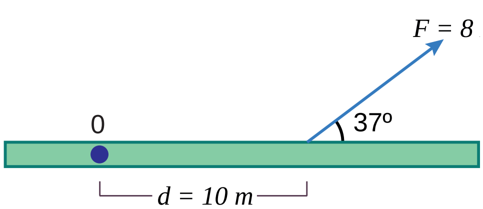
$\tau = F \cdot d \cdot sin\,37°$

$\tau = 50 \cdot 2 \cdot 0,6$

$\tau = 60\ N \cdot m$ bulunur.



1.73. Soru



O noktası etrafında serbestçe dönebilen ağırlığı ihmal edilen çubuğa şekildeki gibi 8 N büyüklüğünde bir kuvvet, dönme noktasına göre 10 m uzakta bulunan bir noktadan uygulanıyor.

Buna göre $\vec{F}$ kuvvetinin O noktasına göre oluşturduğu torkun büyüklüğü kaç N·m olur?

(cos 37° = 0,8; sin 37° = 0,6 alınız.)

Cevap

1.74. Soru



Arabasının tekerindeki cıvataları sökmek isteyen bir kişi, uzunluğu 45 cm olan bijon anahtarına görseldeki gibi dik olacak şekilde 100 N'luk kuvvet uygulamaktadır.

Buna göre kişinin uyguladığı torkun büyüklüğü ve yönü ne olur?

Cevap

ARAŞTIR-I-YORUM

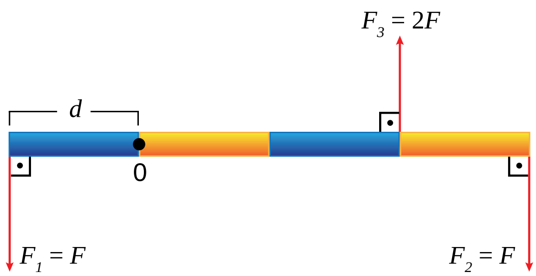
İçerik	*Günlük hayatta karşılaşılan problemi tork ile çözümleme.*
Süre	*15 gün*
Yetkinlikler	*Bilim/teknolojide temel yetkinlikler, öğrenmeyi öğrenme.*
Beklenen Performans	*Araştırma yapma, proje üretme, grup çalışmasını sürdürme, rapor hazırlama, sunum yapma.*
Değerlendirme	*Öz değerlendirme formu için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz*

Bu çalışmada sizlerden günlük hayattan tork ile ilgili problem durumları bulmanız ve bunlar için çözüm yolları üretmeniz istenmektedir. Aşağıdaki araştırma basamaklarını sırayla gerçekleştiriniz.

1. En az üç kişilik bir proje ekibi oluşturunuz.
2. Ekibinizle yapacağınız çalışmaları planlayınız.
3. Günlük hayattan torkla ilgili en az üç problem durumu bularak bunlar için çözüm yolları belirleyiniz.
4. Projenizde belirlediğiniz çözüm yollarını ekibinizdeki arkadaşlarınızla paylaşınız.
5. Diğer grupların da fikirlerini alarak çözüm önerileri geliştiriniz. Siz de arkadaşlarınızın problem durumları için oluşturduğu çözüm önerilerini yorumlayınız.
6. Problem durumları ve bunlara getirdiğiniz çözüm önerilerini rapor hâline getiriniz.
7. Yaptığınız çalışmaları sınıfınızda belirleyeceğiniz proje günlerinde arkadaşlarınız ve öğretmeninizle paylaşınız.
8. Yaptığınız çalışmaları öz değerlendirme formunu kullanarak değerlendiriniz.

1.8.3. TORK İLE İLGİLİ HESAPLAMALAR

1.75. Örnek



Sürtünmelerin ihmal edildiği sistemde ağırlığı ihmal edilen ve eşit bölmelere ayrılmış çubuk, O noktası etrafında serbestçe dönebilmektedir.

Çubuğun her bir bölmesi d uzunluğunda olduğuna göre büyüklükleri sırasıyla F, F ve 2F olan $\vec{F_1}, \vec{F_2}$ ve $\vec{F_3}$ kuvvetlerinin O noktasında oluşturduğu bileşke tork hangi yönde kaç F·d olur?

Çözüm

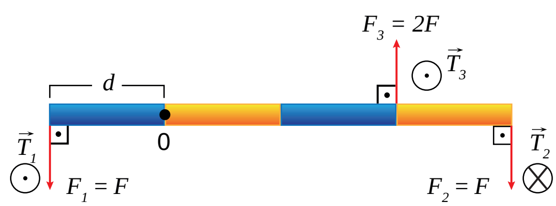
Sağ el kuralı ile O noktasına göre kuvvetlerin tork büyüklükleri ve yönleri belirlenir. Buna göre

$\tau_1 = F \cdot d \odot$

$\tau_2 = F \cdot 3d \otimes$

$\tau_3 = 2F \cdot 2d \odot$

şeklinde bulunur.



Sayfa düzleminden dışa olan yön (+) ve içe olan yön (-) kabul edilirse bileşke tork $(\vec{\tau})$

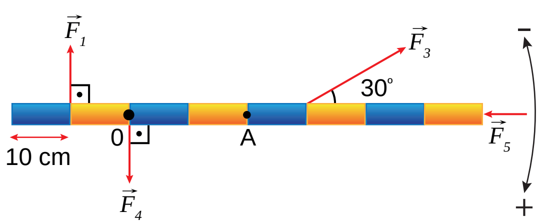
$\vec{\tau} = \vec{\tau_1} + \vec{\tau_2} + \vec{\tau_3}$ bağıntısından

$\tau = \tau_1 + \tau_3 - \tau_2$

$\tau = F \cdot d + 2F \cdot 2d - F \cdot 3d$

$\tau = 2 \cdot F \cdot d \odot$ olarak bulunur.

1.76. Örnek



Sürtünmesi ihmal edilen yatay düzlemde bulunan, her bir bölmesi 10 cm olarak eşit bölmelendirilmiş bir çubuk; O noktası etrafında serbestçe dönebilmektedir.

F_1 = 20 N, F_3 = 60 N, F_4 = 80 N, F_5 = 10 N ve çubuğa uygulanan toplam tork 8 N·m olduğuna göre A noktasına dik olarak uygulanan $\vec{F_2}$ kuvvetinin yönünü ve büyüklüğünü bulunuz.

$\left(\sin 30° = \frac{1}{2}, \cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ alınız.}\right)$

Çözüm

$\vec{F_4}$ ve $\vec{F_5}$ kuvvetleri ile $\vec{F_3}$ kuvvetinin x bileşeninin doğrultusu dönme ekseninden geçtiği için bu kuvvetler çubuğu döndüremez dolayısıyla torkları sıfır olur. $\vec{F_3}$ kuvvetinin y bileşeni ve $\vec{F_2}$ kuvveti çubuğu – yönde, $\vec{F_1}$ kuvveti ise + yönde döndürür. Toplam tork

$\tau_{top} = F_1 \cdot d + F_2 \cdot 2d - F_3 \cdot \sin 30° \cdot 3d$

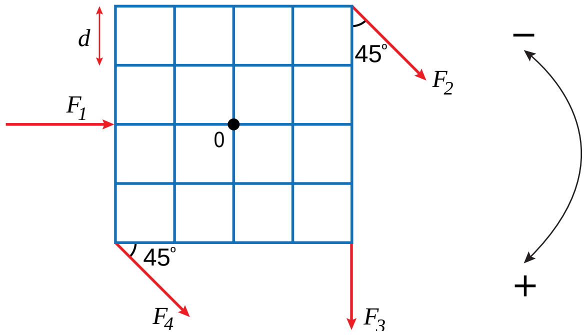
$8 = 20 \cdot 0,1 + F_2 \cdot 2 \cdot 0,1 - 60 \cdot 0,5 \cdot 3 \cdot 0,1$

$8 = 2 + 0,2 \cdot F_2 - 9$

$15 = 0,2 \cdot F_2$

$F_2 = 75\ N$ büyüklüğünde ve + yönündedir.

1.75. Soru



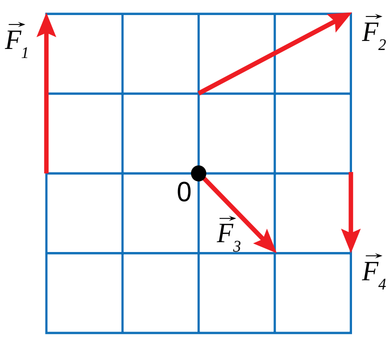
Sürtünmesi ihmal edilen yatay düzlemde O noktası etrafında serbestçe dönebilen kare levhaya $\vec{F_1}, \vec{F_2}, \vec{F_3}$ ve $\vec{F_4}$ kuvvetleri uygulanmaktadır. Kuvvetlerin büyüklükleri eşit ve F kadardır. Levhanın her bir bölmesinin uzunluğu d olduğuna göre

a) Levhaya etki eden tork kaç F·d büyüklüğündedir?

b) Levha hangi yönde döner?

Cevap

1.76. Soru

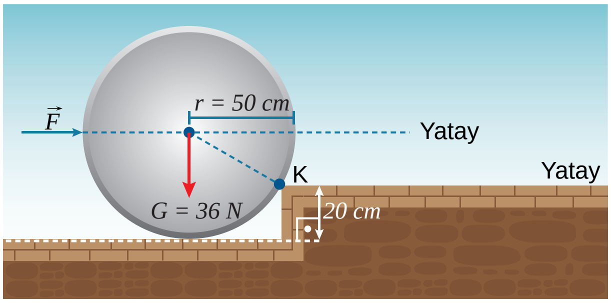


Sürtünmesi ihmal edilen yatay düzlemde eşit bölmelendirilmiş kare levhaya büyüklükleri uzunlukları ile doğru orantılı olan $\vec{F_1}, \vec{F_2}, \vec{F_3}$ ve $\vec{F_4}$ kuvvetleri uygulanmaktadır.

Bu kuvvetlerin O noktasına göre oluşturduğu torkların büyüklüklerini büyükten küçüğe doğru sıralayınız.

Cevap

1.77. Örnek



Yarıçapı 50 cm olan ağırlığı ihmal edilen dairesel levhanın merkezine 36 N ağırlığında bir cisim asılıyor. Dairesel levhaya şekildeki gibi bir $\vec{F}$ kuvveti uygulandığında küre K noktası etrafında dönerek 20 cm'lik basamaktan ancak çıkabiliyor.

Buna göre $\vec{F}$ kuvvetinin büyüklüğü kaç N olur?

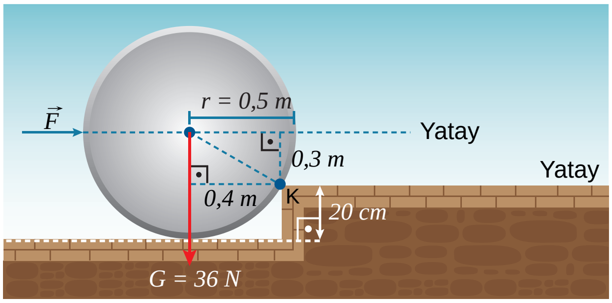
Çözüm

Dairesel levha basamaktan ancak çıkabildiğine göre asılan ağırlık ve uygulanan kuvvetin oluşturduğu torkun büyüklüklerinin birbirine eşit olması gerekir. Levha K noktası etrafında döndüğüne göre tork bu noktaya göre alındığında

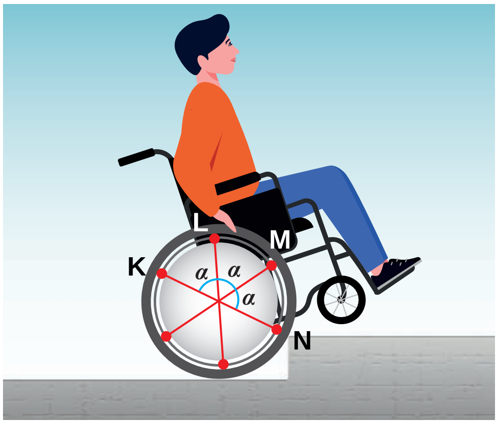
$F \cdot 0,3 = G \cdot 0,4$

$F \cdot 0,3 = 36 \cdot 0,4$

$F = 48N$ bulunur.



1.77. Soru

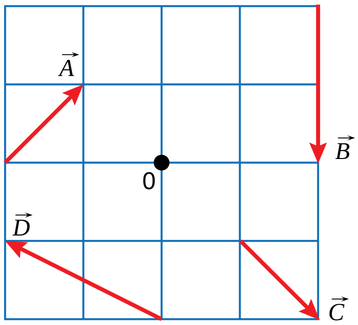


Farklı engel durumlarından yürüme engeli olan bir öğrenci, tekerlekli sandalyenin tekerleğini basamaktan şekildeki N noktası etrafında döndürerek çıkarmak istemektedir.

Buna göre tekerleğe teğet olacak biçimde uygulanacak en küçük kuvvetin K, L, M, N noktalarından hangisine uygulanması gerekir?

Cevap

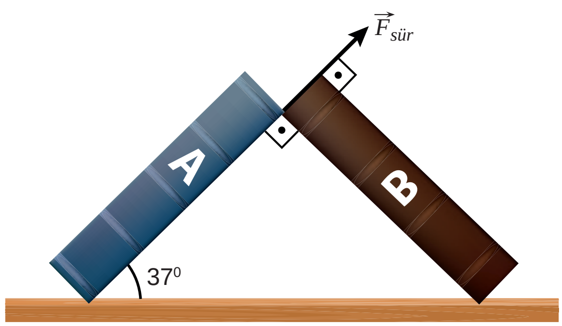
1.78. Soru



Eşit bölmelendirilmiş O noktası etrafında dönebilen düzleme uygulanan $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$ ve $\vec{D}$ kuvvetlerinden $\vec{A}$ kuvvetinin O noktasına göre torkunun büyüklüğü τ ise toplam torkun büyüklüğünü bulunuz.

Cevap

FİNAL SORUSU



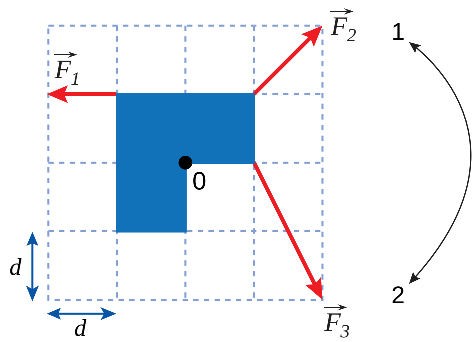
Sürtünmeli zeminde aralarında 90° açı ile birbirlerine yaslanmış hâlde dengede bulunan A ve B kitaplarının kütleleri sırasıyla m_1 ve m_2 dir. A kitabının yatay zeminle yaptığı açı 37° ve kitaplar arasındaki sürtünme kuvveti $\vec{F}_{sür}$ gösterilmiştir.

Kitaplar arasındaki sürtünme katsayısı k = 3/4 olarak verildiğine göre A ve B kitaplarının kütleleri oranı m_1/m_2 kaçtır?

($\cos 37^o = 0,8$; $\sin 37^o = 0,6$ alınız.)

8. BÖLÜM ÇALIŞMA SORULARI

1. Soru

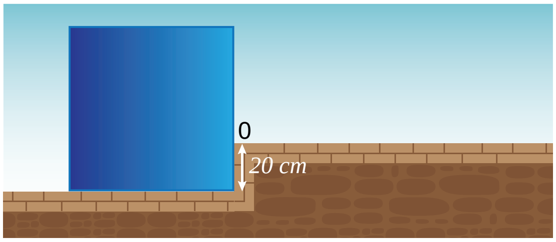


O noktası etrafında serbestçe dönebilen ve her bir bölmesinin uzunluğu d olan eşit bölmelendirilmiş levhaya şekildeki gibi $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ ve $\vec{F}_3$ kuvvetleri uygulanıyor. $\vec{F}_1$ kuvvetinin büyüklüğü F kadar olduğuna göre

a) Levhaya uygulanan torkun büyüklüğü kaç F·d'dir?

b) Levha hangi yöne döner?

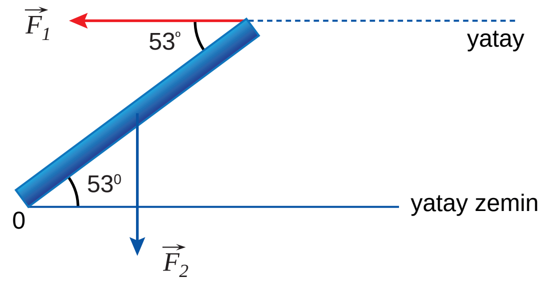
2. Soru



Kenar uzunluğu 80 cm olan ve ağırlığı ihmal edilen kare levha, yüksekliği 20 cm olan basamaktan çıkarılmak isteniyor.

Levhanın merkezine 60 N ağırlığında bir cisim asılırsa levhayı basamaktan çıkarabilecek en küçük kuvvet kaç N olur?

3. Soru

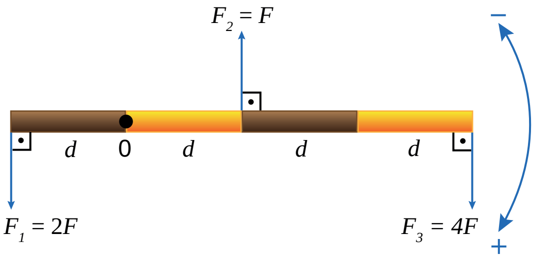


Ağırlığı ihmal edilen bir çubuk, O noktası etrafında serbestçe dönebilmektedir. Çubuğa uç noktasından ve ortasından şekildeki gibi $\vec{F}_1$ ve $\vec{F}_2$ kuvvetleri uygulanmaktadır.

Çubuğa etki eden toplam tork sıfır olduğuna göre kuvvetlerin büyüklükleri oranı F_1 / F_2 kaçtır?

(cos 53° = 0,6; sin 53° = 0,8 alınız.)

4. Soru



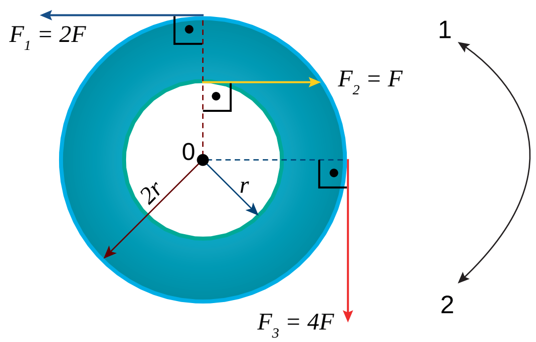
Sürtünmelerin ihmal edildiği ortamda O noktası etrafında serbestçe dönebilen çubuğun her bir bölmesi d uzunluğundadır. Ağırlığı ihmal edilen çubuğa büyüklükleri sırasıyla 2F, F ve 4F olan $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ ve $\vec{F}_3$ kuvvetleri uygulandığında

a) Çubuk hangi yönde döner?

b) Çubuğa etki eden torkun büyüklüğü kaç F·d olur?

Devam ediyor.

5. Soru



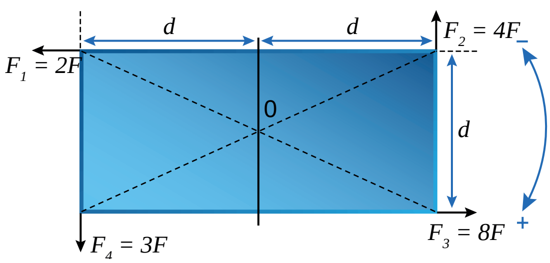
Sürtünmesi ihmal edilen yatay düzlemde bulunan 2r yarıçaplı levha, O noktası etrafında serbestçe dönebilmektedir. Levhaya şekildeki gibi büyüklükleri sırasıyla 2F, F ve 4F olan F_1 , F_2 ve F_3 kuvvetleri uygulandığına göre

a) O noktasına göre toplam torkun büyüklüğü kaç F·r'dir?

b) Levha hangi yönde döner?

c) O noktasına göre toplam torkun yönü nedir?

6. Soru

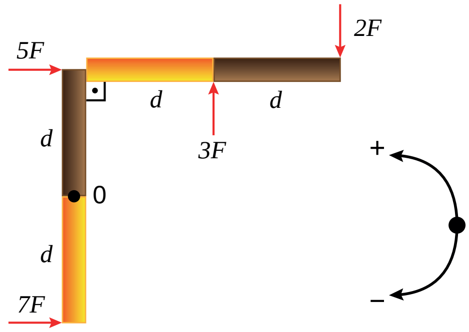


Sürtünmesi ihmal edilen yatay düzlemde O noktası etrafında serbestçe dönebilen dikdörtgen levhaya büyüklükleri sırasıyla 2F, 4F, 3F ve 8F olan $\vec{F_1}, \vec{F_2}, \vec{F_3}$ ve $\vec{F_4}$ kuvvetler uygulanmaktadır. Levhanın uzun kenarı 2d, kısa kenarı d uzunluğuna sahip olduğuna göre

a) Levhaya etki eden tork kaç F·d büyüklüğündedir?

b) Levha hangi yönde döner?

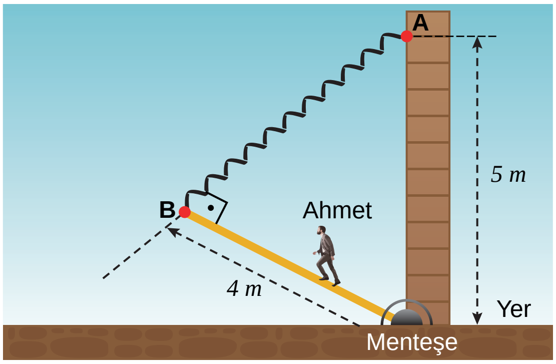
7. Soru



Sürtünmesi ihmal edilen yatay düzlemde bulunan eşit bölmeli O noktası etrafında dönebilen çubuğun her bir bölmesi d uzunluğundadır.

Çubuğa şekildeki gibi 7F, 5F, 3F ve 2F büyüklüğünde kuvvetler uygulandığında çubuk hangi yönde döner ve çubuğa etkiyen torkun büyüklüğü kaç F·d olur?

8. Soru



İnşaat sektöründe mühendis olan Ahmet, kullanmak istediği, ağırlığı ihmal edilen yayın en fazla kaç N kuvvet büyüklüğüne dayanabildiğini ölçmek istiyor. Bunun için yayın A noktasını duvara, B noktasını da ağırlığı ihmal edilen 4 m uzunluğundaki çubuğun ucuna sabitliyor. Ahmet, sabit hızla yürüyerek yerdeki menteşeye bağlı çubuğun ortasına geldiğinde yay çubuğa dik konumdayken kopuyor.

Ahmet'in kütlesi 80 kg ve A noktasının yerden yüksekliği 5 m olduğuna göre yay en fazla kaç N kuvvet büyüklüğüne dayanabilmiştir?

($\sin 37° = 0,6; \cos 37° = 0,8; g = 10\ m/s^2$ alınız.)

1.9. DENGE VE DENGE ŞARTLARI

HAZIR MISINIZ?

BİTMEYEN KULE

56 m yüksekliğinde ve 8 katlı inşa edilen Pisa Kulesi (Pisa Kulesi) üst üste binmiş yuvarlak sütunlardan oluşmaktadır. İnşasına 1173 yılında başlanmasına rağmen kulenin ilk üç katı yapıldıktan sonra fazla ağırlık, temelin derin olmaması ve zemininin yumuşak toprak içermesi gibi nedenlerden dolayı Pisa Kulesi kuzeye doğru eğilmeye başlamıştır. Eğilme, kulenin kuzey sütunları uzatılıp güney sütunları kısaltılarak düzeltilmeye çalışılmıştır. Bu sefer de kule güneye doğru eğilmeye başlamış ve kulenin inşasına ara verilmiştir.

1272 yılında inşasına yeniden başlanmış ve aynı sebepten kulenin yapımına yine ara verilmiştir. Pisa Kulesi en son 1370 yılında tamamlanabilmiştir. Fakat kulenin güneye doğru eğilmesi engellenememiştir. Yıkılma riski taşıyan Pisa Kulesi'nin 1990-2001 yılları arasında zeminindeki yumuşak toprak boşaltılarak yıkılması engellenmiştir.



1. soru: Pisa Kulesi'ne etki eden kuvvetlerin dengede olduğunu düşünüyor musunuz? Gerekçelendirerek açıklayınız.

....

....

....

....

....

2. soru: Pisa Kulesi'nin eğilmesine rağmen yıkılmamasının sebebi ne olabilir? Açıklayınız.

....

....

....

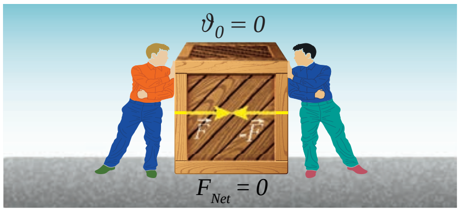
....

....

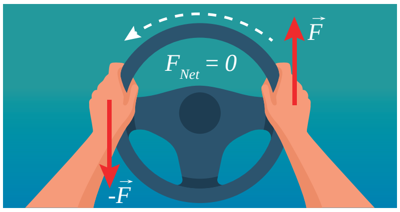
1.9.1. DENGE VE DENGE ŞARTLARI

Bir cisme etki eden net kuvvet sıfır ise o cisim dengelenmiş kuvvetlerin etkisi altındadır. Cisimlerin öteleme hareketi dikkate alındığında dengelenmiş kuvvet etkisinde olan cisimler duruyorsa durmaya, ilk hıza sahipse sabit hızlı olarak hareket etmeye devam eder. Bu durumdaki cisimler dengededir. Şekil 1.67'de başlangıçta durgun olan cisim, dengelenmiş kuvvetler etkisinde durgunluğunu korumakta ve dengede kalmaktadır.

Bir merkez etrafında dönme hareketi yapabilen cisimler, dengelenmiş kuvvetlerin etkisi altında olsalar dahi dengede olmayabilir. Şekil 1.68'de başlangıçta durgun hâlde olan direksiyon, dengelenmiş kuvvetlerin etkisinde olmasına rağmen durgunluğunu koruyamamakta ve dönme hareketine başlamaktadır. Bu durumda direksiyon dengede değildir.



Şekil 1.67: *Dengelenmiş kuvvet etkisinde dengede olan cisim*



Şekil 1.68: *Dengelenmiş kuvvet etkisinde olmasına rağmen dönmeye başlayan direksiyon*

Cisimlerin durgun hâlde dengede kalabilmesine **statik denge** denir. Birçok alanda cisimlerin statik dengede olması önemlidir. Özellikle inşaat sektöründe çoğu hesaplamalar; yüksek katlı binaların, köprülerin, minarelerin vb. inşasında yapının statik dengede kalabilmesi için yapılır.

Cisimlerin statik dengede olabilmesi için kuvvetin öteleme ve döndürme etkilerinin birlikte dikkate alınması gerekmektedir. Bu nedenle denge için iki şart aranır.

1. $\vec{F}_{toplam} = 0$ (toplam kuvvet sıfır)
2. $\vec{\tau}_{toplam} = 0$ (toplam tork sıfır)

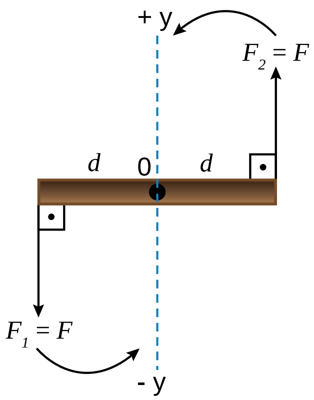
Bu iki koşulu birlikte sağlayan cisimler statik dengededir.

Şekil 1.69, sürtünmelerin ihmal edildiği ortamda ortasındaki O noktasından geçen eksen etrafında serbestçe dönebilen bir çubuğu göstermektedir. Çubuğa etki eden kuvvetler incelenirse

$\vec{F_1}$ kuvveti -y ve $\vec{F_2}$ kuvveti +y ekseni yönündedir. Kuvvetlerin büyüklükleri eşit olduğundan

$$\vec{F}_{toplam} = \vec{F_1} + \vec{F_2}$$
$$F_{toplam} = (-F) + (F) = 0$$

ilk denge şartı sağlanmaktadır.



Şekil 1.69: *Kuvvet uygulanan çubuk ve kuvvetlerin çubuğu döndürme yönleri*

Fakat kuvvetlerin döndürme etkisi incelendiğinde her iki kuvvetin de çubuğu saat yönünün tersine döndürdüğü görülür. Saat yönünün tersi pozitif (+) yön kabul edilirse toplam tork

$$\vec{\tau}_{toplam} = \vec{\tau_1} + \vec{\tau_2}$$
$$\tau_{toplam} = \tau_1 + \tau_2 = F \cdot d + F \cdot d = 2 \cdot F \cdot d$$ bulunur.

Toplam tork sıfır olmadığı için ikinci denge şartı sağlanmaz. Bu yüzden çubuk dengede değildir.

Şekil 1.70, sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda ortasındaki O noktasından geçen eksen etrafında serbestçe dönebilen bir çubuğu göstermektedir. Çubuğa etki eden kuvvetler incelenirse

$\vec{F_1}$ ve $\vec{F_2}$ kuvvetleri -y, $\vec{F_3}$ kuvveti ise +y ekseni üzerindedir.

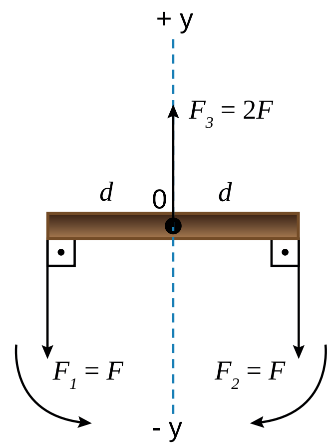
$$\vec{F}_{toplam} = \vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{F_3}$$
$$F_{toplam} = (-F) + (-F) + (+2F) = 0$$

ilk denge şartı sağlanmaktadır.

Kuvvetlerin çubuk üzerindeki döndürme etkisi incelendiğinde $\vec{F_1}$ kuvveti saat yönünün tersine ve $\vec{F_2}$ kuvveti saat yönünde döndürme etkisi oluştururken $\vec{F_3}$ kuvvetinin döndürme etkisi yoktur. Buradan toplam tork

$$\vec{\tau}_{toplam} = \vec{\tau_1} + \vec{\tau_2} + \vec{\tau_3}$$
$$\tau_{toplam} = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 = F \cdot d - F \cdot d + 0 = 0$$ bulunur.

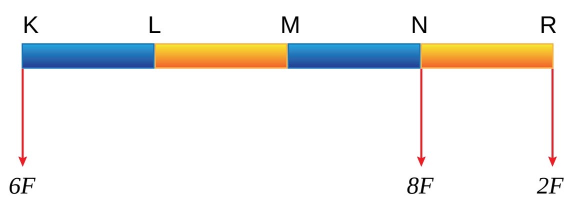
İkinci denge şartı da sağlandığı için çubuk dengededir.



***Şekil 1.70:** Kuvvet uygulanan çubuk ve kuvvetlerin çubuğu döndürme yönleri*

Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

1.77. Örnek



Başlangıçta statik dengede olan ve ağırlığı ihmal edilen eşit bölmelendirilmiş çubuğun K, N ve R noktalarına sırasıyla 6F, 8F ve 2F büyüklüğünde kuvvetler aynı anda uygulanmaktadır.

Çubuğun dengede kalabilmesi için bu kuvvetler ile hangi noktadan kaç N büyüklüğünde bir dengeleyici kuvvet çubuğa uygulanmalıdır?

Çözüm

Çubuğun dengede kalabilmesi için denge şartlarının birlikte sağlanması gerekir.

Çubuğa uygulanacak dengeleyici kuvvet (R′), çubuk üzerindeki 6F, 8F ve 2F kuvvetlerinin bileşkesinin tersi yönünde ve aynı büyüklükte olduğunda

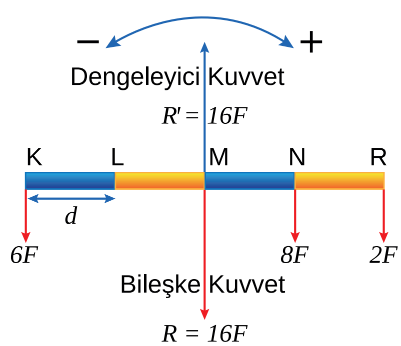
$\vec{F}_{toplam} = 0$ ve $\vec{\tau}_{toplam} = 0$

denge şartları sağlanmış olur ve çubuk dengede kalır.

Dengede olan sistemlerde herhangi bir noktaya göre tork alındığında $\vec{\tau}_{toplam} = 0$ şartı sağlanmalıdır. Örneğin M noktasına göre tork alındığında 8F ve 2F lik kuvvetler çubuğu + yönde, 6F değerindeki kuvvet ise – yönde döndürür. Buna göre

$\tau_{toplam} = 8F \cdot d + 2F \cdot 2d - 6F \cdot 2d = 0$ bulunur.

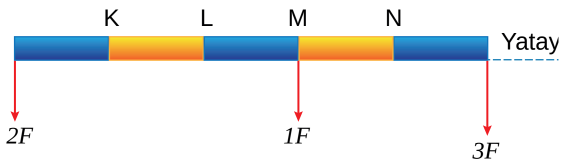
Çubuk üzerindeki 6F, 8F ve 2F kuvvetlerinin bileşkesi -y yönünde M noktası üzerinde 16F olarak bulunur. Bu bileşke kuvveti dengeleyen kuvvet, çubuğun statik dengesini de sağlamış olur.



AKLINDA BULUNSUN

Bir sistem üzerindeki kuvvetlerin bileşkesini dengeleyen kuvvet, sistemin de dengede olmasını sağlar.

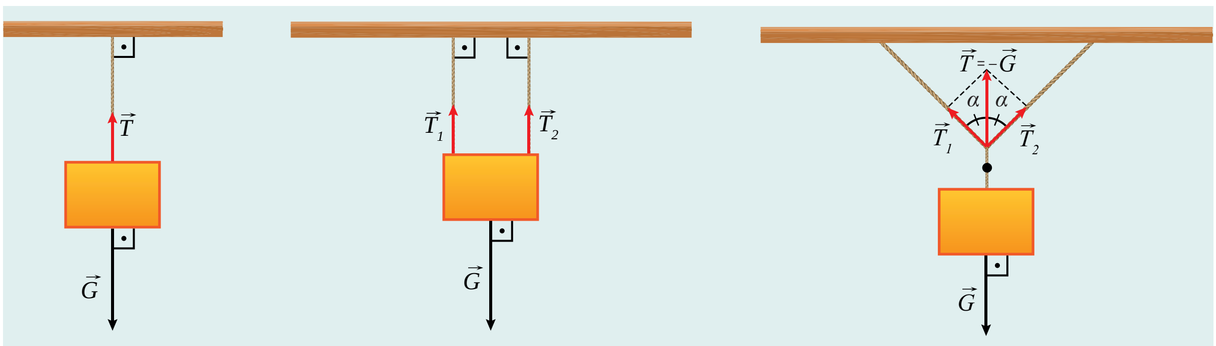
1.79. Soru



Başlangıçta statik dengede olan ve ağırlığı ihmal edilen eşit bölmelendirilmiş çubuğa 2F, 1F ve 3F büyüklüğünde kuvvetler aynı anda uygulanmaktadır. **Çubuğun dengede kalabilmesi için bu kuvvetlerle birlikte hangi noktadan kaç N büyüklüğünde bir dengeleyici kuvvet uygulanmalıdır?**

Cevap

Esnemeyen ipler yardımıyla asılan cisimlerin ağırlığını dengeleyen kuvvet, iplerde oluşan gerilme kuvvetleridir.



***a)** İpe asılan cisim* ***b)** Birbirine parelel iplere asılı cisim* ***c)** Birbirine parelel olmayan iplere asılı cisim*

***Şekil 1.71:** Esnemeyen ipler yardımıyla dengelenmiş cisimler*

Şekil 1.71.a'da cismin ağırlığı, ip gerilme kuvveti ile dengelenmektedir $(\vec{G} = -\vec{T})$. İp gerilme kuvvetinin büyüklüğü, cismin ağırlığına eşittir.

Şekil 1.71.b'de cismin ağırlığı, iplerin gerilme kuvvetlerinin bileşkesiyle dengelenmektedir $[\vec{G} = -(\vec{T}_1 + \vec{T}_2)]$. Burada cismin ağırlığının doğrultusu iplerin tam ortasında ve iplere paralel ise iplerdeki gerilme kuvvetleri eşit ve $\frac{G}{2}$ büyüklüğünde olur. Ağırlığın doğrultusu iplerin arasında ve iplere paralel olarak geçiyor fakat $\vec{T}_1$e daha yakın ise $\vec{T}_1 > \vec{T}_2$ olur. Ama ipler ağırlığı dengelediği için her durumda büyüklükleri toplamı $T_1 + T_2 = G$'dir.

Şekil 1.71.c'de cismin ağırlığı iplerin gerilme kuvvetlerinin bileşkesiyle dengelenmektedir $[\vec{G} = -(\vec{T}_1 + \vec{T}_2)]$. Burada ağırlığın doğrultusu iplerle eşit açı yapıyorsa ip gerilme kuvvetleri eşit büyüklükte olur. İplerin bileşkesinin büyüklüğü her durumda cismin ağırlığına eşit olacağından ipler arasındaki açının değeri iplerdeki gerilme kuvvetlerinin büyüklüğünü etkiler.

Ağırlığın doğrultusunun iplerle eşit açı yapmadığı durumlarda iplerdeki gerilme kuvvetlerinin büyüklüğü de birbirinden farklı olur. İplerdeki gerilme kuvvetlerinin büyüklüğünü hesaplayabilmek için **Lami Teoremi** adı verilen matematiksel bir bağıntı kullanılabilir.

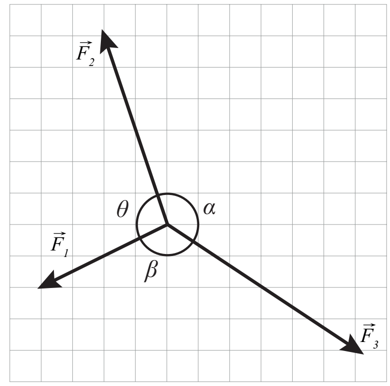
Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

Lami Teoremi

Şekil 1.72, bir noktada kesişen üç kuvveti göstermektedir. Bu üç kuvvetin bileşkesi sıfır olup sistem dengede ise kuvvetler arasındaki açılar ile kuvvetlerin büyüklüğü arasındaki ilişki Lami Teoremi adı verilen

$$\frac{F_1}{\sin\alpha} = \frac{F_2}{\sin\beta} = \frac{F_3}{\sin\theta}$$

bağıntı ile bulunur. Bu bağıntıya göre açılar arasındaki ilişki $\alpha > \beta > \theta$ ise kuvvetler arasındaki ilişki de $F_3 > F_2 > F_1$ şeklinde tanımlanır.



Şekil 1.72: *Bir noktada kesişen üç kuvvet*

Bu konuya günlük hayatta kullanılan "kalın iple yapılan örgü işi" anlamında makromeler örnek verilebilir. Evlerde süsleme ve saksı taşıma için kullanılan makromeler denge prensiplerine uyar (Görsel 1.22).

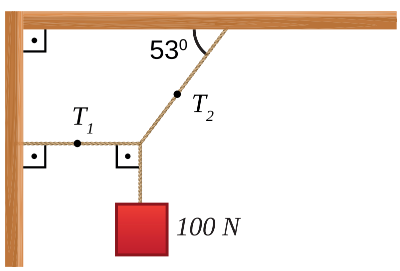
DİKKAT

Bütünler açıların sinüs değerleri birbirine eşittir. Örneğin sin 53° ile sin 127° değerleri birbirine eşittir.



Görsel 1.22: *Makrome*

1.78. Örnek



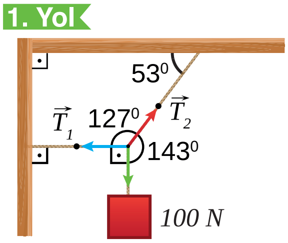
100 N ağırlığındaki cisim, gerilme kuvvetleri $\vec{T}_1$ ve $\vec{T}_2$ olan iplerle şekildeki gibi dengelenmiştir.

Buna göre iplerdeki gerilme kuvvetlerinin büyüklüklerini hesaplayınız.

(sin 37° = 0,6; sin 53° = 0,8; sin 90° = 1 alınız.)

Çözüm

1. Yol



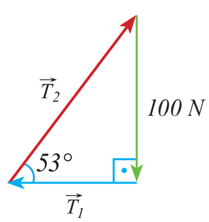
Lami teoremi kullanılarak

$$\frac{100}{\sin 127°} = \frac{T_1}{\sin 143°} = \frac{T_2}{\sin 90°}$$

$$\frac{100}{0,8} = \frac{T_1}{0,6} = \frac{T_2}{1}$$

$T_1 = 75\ N$ ve $T_2 = 125\ N$ bulunur.

2. Yol



37°, 53° ve 90° açı değerleri kenar uzunlukları 3, 4 ve 5 ile orantılı üçgenin açılarıdır.

37°nin karşısındaki kuvvet ⇒ 3k,

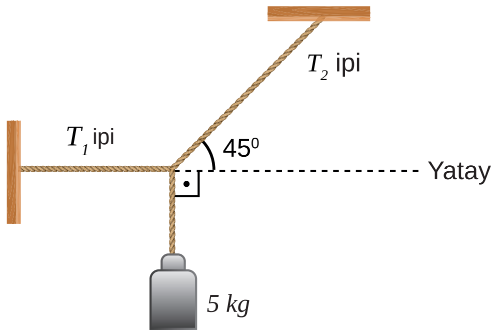
53°nin karşısındaki kuvvet ⇒ 4k ve

90°nin karşısındaki kuvvet ⇒ 5k

ile orantılıdır.

T_1 = 75 N ve T_2 = 125 N bulunur.

1.80. Soru



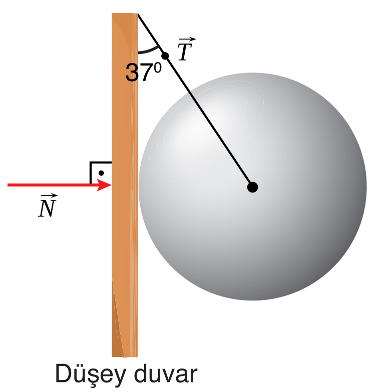
5 kg kütleli cisim, gerilmeleri $\vec{T_1}$ ve $\vec{T_2}$ olan iplerle şekildeki gibi dengelenmiştir.

Buna göre iplerdeki gerilme kuvvetlerinin büyüklüklerini hesaplayınız.

($\sin 45° = \frac{\sqrt{2}}{2}$; $\sin 90° = 1$; $g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Cevap

1.79. Örnek

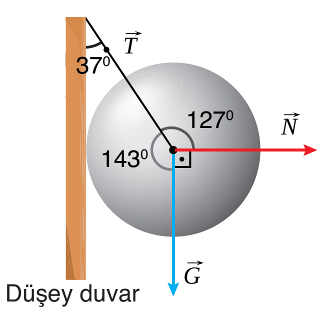


Sürtünmelerin ihmal edildiği sistemde ağırlığı 12 N olan homojen küre, ip yardımı ile dengelenmektedir.

Düşey duvarın küreye uyguladığı tepki kuvveti N ve ipteki gerilme kuvveti T'nin büyüklükleri kaç N olur?

($\cos 53° = 0,6$; $\cos 37° = 0,8$; $\sin 90° = 1$ alınız.)

Çözüm



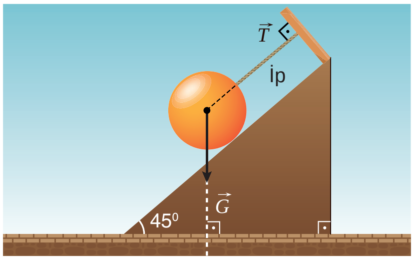
Lami Teoremi yardımıyla

$$\frac{12}{\sin 127°} = \frac{T}{\sin 90°} = \frac{N}{\sin 143°}$$

bağıntısı elde edilir. Buradan

$F = 9\,N$ ve $T = 15\,N$ olarak bulunur.

1.81. Soru



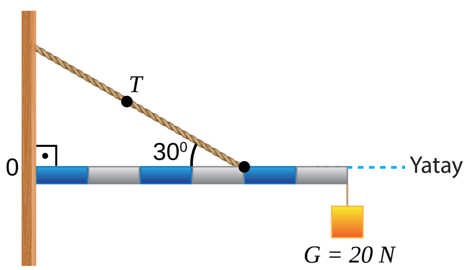
Eğik düzlem üzerinde dengede duran $\vec{G}$ ağırlığındaki homojen küre, $\vec{T}$ gerilme kuvvetine sahip ip yardımı ile dengelenmiştir.

Eğik düzlemin küreye uyguladığı tepki kuvveti $\vec{N}$ olduğuna göre N, T ve G büyüklüklerini büyükten küçüğe sıralayınız.

$\left(sin 45° = \frac{\sqrt{2}}{2}; sin 90° = 1; g = 10\ m/s^2 \text{ alınız.}\right)$

Cevap

1.80. Örnek



Ağırlığı ihmal edilen eşit bölmelendirilmiş çubuğa 20 N ağırlığında bir cisim asılıyor.

Cisim, esnemeyen ip yardımı ile yatay dengede tutulduğuna göre ipteki gerilme kuvvetinin büyüklüğü T kaç N olur?

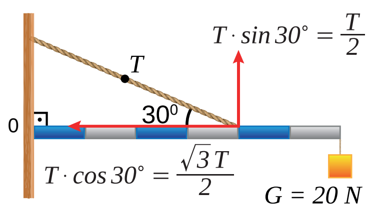
$\left(cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2}; sin 30° = \frac{1}{2} \text{ alınız.}\right)$

Çözüm

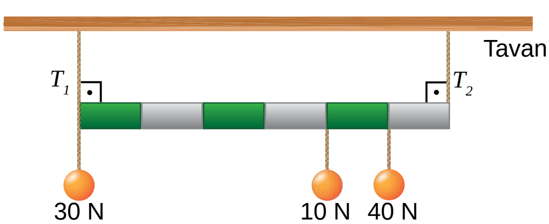
Sistem dengede olduğu için O noktasına göre sistemin torku da sıfır olmalıdır.

$20 \cdot 6 = \frac{T}{2} \cdot 4$

$T = 60\,N$ olarak bulunur.



1.82. Soru



Ağırlığı ihmal edilen eşit bölmeli çubuğa 30 N, 10 N ve 40 N ağırlığında cisimler asılarak çubuk $\vec{T_1}$ ve $\vec{T_2}$ gerilme kuvvetleri ile dengelenmiştir.

Buna göre T_1 ve T_2 gerilme kuvvetlerinin büyüklükleri kaç N olur?

Cevap

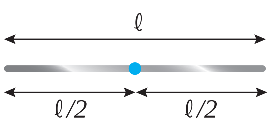
1.9.2. KÜTLE MERKEZİ VE AĞIRLIK MERKEZİ

Bir çubuğu havada yatay olarak dengede tutabilmek için özel bir noktadan düşey yukarı yönde bir kuvvet uygulandığında bu nokta çubuğun kütle merkezini temsil eder. Cismin kütlesi sanki tek bir noktada toplanmış gibi ele alınabilir. Cismin sahip olduğu kütlenin tamamının toplandığı kabul edilen bu noktaya **kütle merkezi** denir.

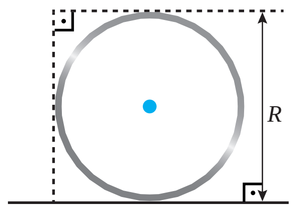
Düzgün geometrik şekle sahip, yoğunlukları düzgün dağılmış (homojen) cisimlerde kütle merkezi, cismin geometrik merkezidir. Şekil 1.73, aynı maddeden yapılmış (özdeş) bazı düzgün cisimlerin kütle merkezlerinin koordinatlarını göstermektedir.

MERAK UYANDIRAN SORULAR

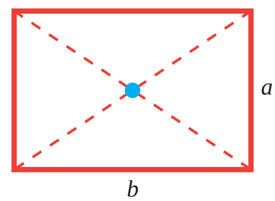
Kısa adım atmak insanı neden daha az yorar?



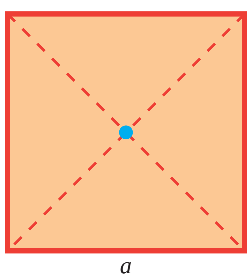
Tel çubuğun kütle merkezinin koordinatı
$x=\ell/2$ ve $y=0$



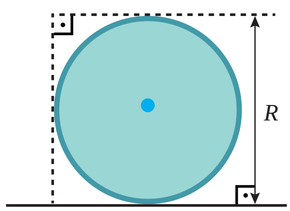
Çembersel telin kütle merkezinin koordinatı
$x=R/2$ ve $y=R/2$



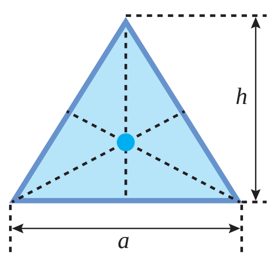
Dikdörtgen çerçevenin kütle merkezinin koordinatı
$x=b/2$ ve $y=a/2$



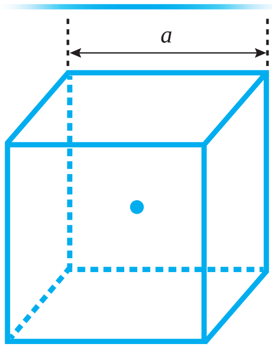
Kare levhanın kütle merkezinin koordinatı
$x=a/2$ ve $y=a/2$



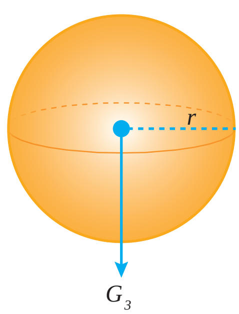
Dairesel levhanın kütle merkezinin koordinatı
$x=R/2$ ve $y=R/2$



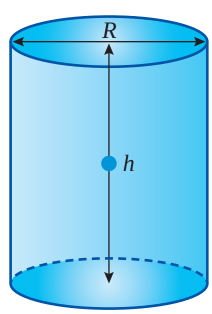
Üçgen levhanın kütle merkezinin koordinatı
$x=a/2$ ve $y=h/3$



Küpün kütle merkezinin koordinatı
$x=a/2,\ y=a/2$ ve $z=a/2$



Kürenin kütle merkezinin koordinatı
$x=r,\ y=r$ ve $z=r$



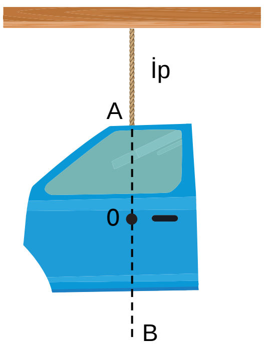
Silindirin kütle merkezinin koordinatı
$x=R/2,\ y=h/2$ ve $z=R/2$

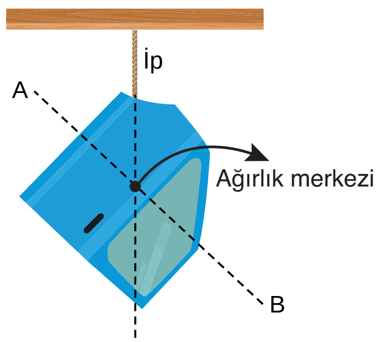
Şekil 1.73: *Bazı türdeş geometrik cisimlerin kütle merkezlerinin koordinatları*

M kütleli katı bir cismin çok sayıda m kütleli parçacıklardan oluştuğu düşünülürse bu parçacıklara etki eden yer çekimi kuvvetinin toplamı, M kütleli cisme tek noktadan etki eden yer çekimi kuvvetine eş değerdir. Bu uygulama noktası cismin **ağırlık merkezidir**.

Dengedeki türdeş olan ya da olmayan bütün cisimler esnemeyen bir iple asıldıklarında ipin uzantısı ya da bir destek üzerine konduklarında desteğin tepki kuvvetinin doğrultusu, cisimlerin ağırlık merkezinden geçer.

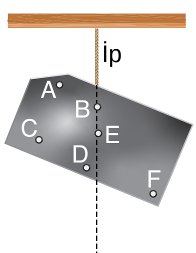
Düzgün geometrik şekle sahip olmayan cisimlerin ağırlık merkezi deneysel yolla bulunabilir. Şekil 1.74'teki gibi bir araba kapısı (kapının kesitinin görüntüsü) iki farklı yerden asılarak dengeye geldiğinde ipin uzantısı ağırlık merkezinden geçtiğinden her iki durumdaki ip uzantılarının kesişim noktası cismin ağırlık merkezini gösterir.

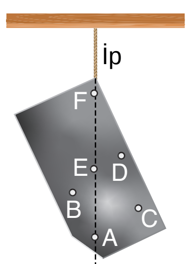




Şekil 1.74: *Kapının ağırlık merkezinin bulunması*

1.81. Örnek





Esnemeyen bir ip yardımıyla iki farklı noktadan asılan levhanın denge durumları şekilde gösterildiği gibidir.

Levhanın ağırlık merkezi hangi noktadadır?

Çözüm

Her iki durumda ipin uzantısı ağırlık merkezinden geçer. Uzantıların kesişim noktası E noktası olduğundan ağırlık merkezi bu noktadadır.

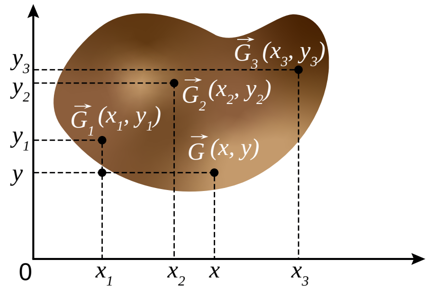
Yer çekimi ivmesinin cisim üzerindeki her noktada eşit değerde olduğunu varsayarsak kütle ve ağırlık merkezleri aynı konumda bulunur. Dünya yüzeyinden uzaklaştıkça yer çekimi ivmesi azaldığından cismin ağırlık merkezi ile kütle merkezi farklı konumlarda bulunur. Örneğin gökdelen gibi yüksek binaların ağırlık merkezi ile kütle merkezi çakışık değildir.

AKLINDA BULUNSUN

Ağırlık, yer çekimine bağlı olduğundan yer çekimsiz ortamda cismin ağırlık merkezinden bahsedilemez. Fakat kütle, yer çekimi ivmesinden bağımsız olduğu için kütle merkezinin konumu bundan etkilenmez.

Kütle Merkezi ve Ağırlık Merkezinin Koordinatlarının Bulunması

Sistemi oluşturan bütün parçacıklara ait ağırlıkların bileşkesi alındığında $(\vec{G})$ bu bileşke kuvvetin uygulama noktası (X,Y), cismin ağırlık merkezinin koordinatlarını verir (Şekil 1.75). Bileşke kuvvetin O noktasına göre torkunun büyüklüğü, bu bileşkeyi oluşturan diğer parçacıkların ağırlıklarının aynı noktaya göre torkunun büyüklüğüne eşit olur.



Şekil 1.75: *Birçok parçacıktan oluşan katı bir cismin ağırlık merkezi*

$\vec{G}$ ağırlığının x eksenine göre torku, $\vec{G}$ ağırlığını oluşturan $\vec{G}_1$, $\vec{G}_2$ ve $\vec{G}_3$ ağırlıklarının x eksenine göre torklarının toplamına eşit olacaktır.

$$\vec{\tau}_G = \vec{\tau}_{G_1} + \vec{\tau}_{G_2} + \vec{\tau}_{G_3} + ...$$

$G \cdot x = G_1 \cdot x_1 + G_2 \cdot x_2 + G_3 \cdot x_3 ...$ eşitliğinde $G = m \cdot g$ yerine yazıldığında

$$(m_1 + m_2 + m_3 + ...) \cdot g \cdot x = m_1 \cdot g \cdot x_1 + m_2 \cdot g \cdot x_2 + m_3 \cdot g \cdot x_3 + ...$$

$$(m_1 + m_2 + m_3 + ...) \cdot g \cdot x = (m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + m_3 \cdot x_3 + ...) \cdot g$$

$(m_1 + m_2 + m_3 + ...) \cdot x = (m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + m_3 \cdot x_3 + ...)$ olur.

$x = \dfrac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + m_3 \cdot x_3 + ...}{m_1 + m_2 + m_3 + ...}$ elde edilir.

Cisim üzerindeki n tane nokta için genelleme yapılırsa

$$x = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + ... + m_n \cdot x_n}{m_1 + m_2 + ... + m_n}$$

ifadesiyle cismin kütle merkezinin x koordinatı bulunur.

$\vec{G}$ ağırlığının y eksenine göre torku, $\vec{G}_1$, $\vec{G}_2$ ve $\vec{G}_3$ ağırlıklarının y eksenine göre torklarının toplamına eşittir.

$$\vec{\tau}_G = \vec{\tau}_{G_1} + \vec{\tau}_{G_2} + \vec{\tau}_{G_3} + ...$$

$G \cdot y = G_1 \cdot y_1 + G_2 \cdot y_2 + G_3 \cdot y_3 ...$ eşitliğinde $G = m \cdot g$ yerine yazıldığında

$$(m_1 + m_2 + m_3 + ...) \cdot g \cdot y = m_1 \cdot g \cdot y_1 + m_2 \cdot g \cdot y_2 + m_3 \cdot g \cdot y_3 + ...$$

$$(m_1 + m_2 + m_3 + ...) \cdot g \cdot y = (m_1 \cdot y_1 + m_2 \cdot y_2 + m_3 \cdot y_3 + ...) \cdot g$$

$(m_1 + m_2 + m_3 + ...) \cdot y = (m_1 \cdot y_1 + m_2 \cdot y_2 + m_3 \cdot y_3 + ...)$ olur.

$x = \dfrac{m_1 \cdot y_1 + m_2 \cdot y_2 + m_3 \cdot y_3 + ...}{m_1 + m_2 + m_3 + ...}$ elde edilir.

Cisim üzerindeki n tane nokta için genelleme yapılırsa

$$y = \frac{m_1 \cdot y_1 + m_2 \cdot y_2 + ... + m_n \cdot y_n}{m_1 + m_2 + ... + m_n}$$

ifadesiyle cismin kütle merkezinin y koordinatı bulunur.

Kütle merkezi için bulunan x ve y koordinatları, yer çekimi ivmesinin cisim üzerindeki tüm noktalarda aynı değerde olduğu kabul edilirse ağırlık merkezinin koordinatlarına eşit olur.

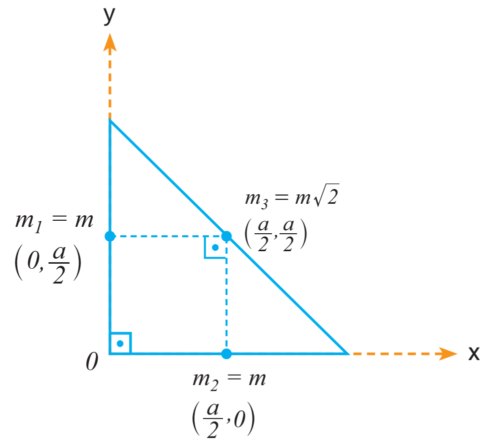
DİKKAT

Aynı maddeden yapılmış tek boyutlu cisimlerin uzunlukları, iki boyutlu cisimlerin alanları ve üç boyutlu cisimlerin hacimleri ağırlıkları ile doğru orantılıdır.

1.82. Örnek

Homojen düz bir tel bükülerek bir ikizkenar dik üçgen oluşturuluyor. Dik kenarlarının uzunluğu a olan ikizkenar üçgenin kütle merkezinin koordinatlarını bulunuz.

Çözüm



Sistemin kütle merkezinin X koordinatı

$$x = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + m_3 \cdot x_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$$x = \frac{m \cdot 0 + m \cdot \frac{a}{2} + m\sqrt{2} \cdot \frac{a}{2}}{m + m + m\sqrt{2}}$$

$$x = \frac{m \cdot \frac{a}{2} + ma\frac{\sqrt{2}}{2}}{2m + m\sqrt{2}} = \frac{a}{2}\left(\frac{1+\sqrt{2}}{2+\sqrt{2}}\right)$$

Elde edilen sonuç $(2 - \sqrt{2})$ ile çarpılıp bölünürse x koordinatı

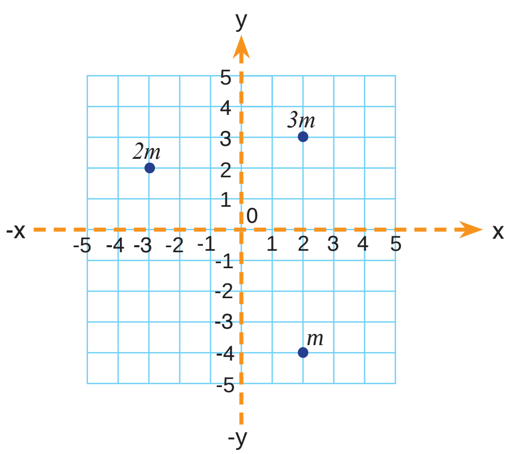
$x = \frac{a\sqrt{2}}{4}$ bulunur.

Benzer şekilde kütle merkezinin y koordinatı

$y = \frac{m \cdot \frac{a}{2} + m \cdot 0 + m\sqrt{2} \cdot \frac{a}{2}}{m + m + m\sqrt{2}}$ denkleminden

$y = \frac{a\sqrt{2}}{4}$ bulunur.

1.83. Soru



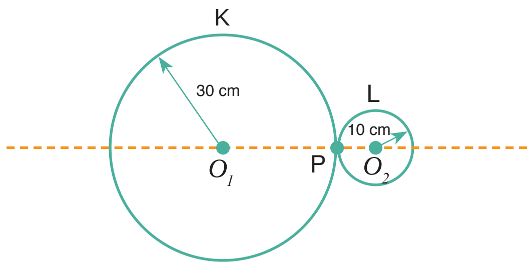
Aynı düzlemde bulunan noktasal cisimlerin kütleleri sırasıyla m, 2m ve 3m'dir.

Cisimlerin oluşturduğu sistemin ağırlık merkezinin koordinatlarını bulunuz.

Cevap

1.9.3. KÜTLE MERKEZİ VE AĞIRLIK MERKEZİ İLE İLGİLİ HESAPLAMALAR

1.83. Örnek

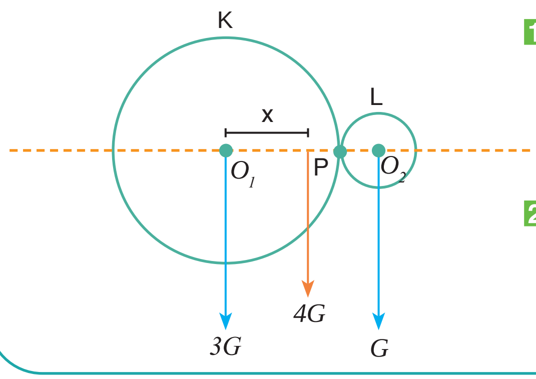


Aynı maddeden yapılmış, yarıçapları sırasıyla 30 cm ve 10 cm olan homojen K ve L çemberleri P noktasından birbirlerine yapıştırılıyor.

Buna göre sistemin ağırlık merkezinin O_1den uzaklığı kaç cm olur?

Çözüm

Çembersel tellerin çevre uzunlukları ağırlıkları ile orantılı olduğundan K çemberinin ağırlığına 3G denirse Y çemberinin ağırlığı G olur.



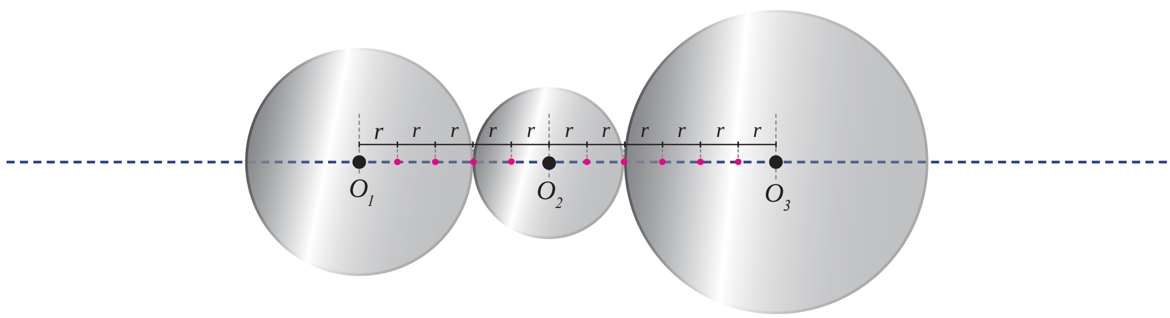
1. Yol Sistemin ağırlık merkezi x ekseni üzerinde olacağından ağırlık merkezinin O_1 noktasına olan uzaklığına x denilirse

$$x = \frac{3G \cdot 0 + G \cdot 40}{4G} = 10\ cm$$ bulunur.

2. Yol Ağırlık merkezinin olduğu kabul edilen noktaya göre tork alınırsa

$$\tau_{toplam} = 3G \cdot x - G \cdot (40 - x) = 0$$
$$x = 10\ cm$$ bulunur.

1.84. Soru

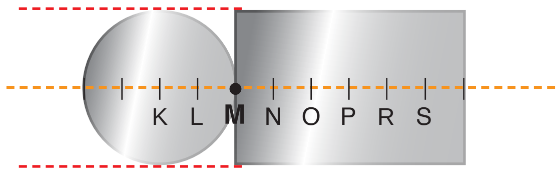


Merkezleri aynı doğrultu üzerinde olan, aynı maddeden yapılmış; sırayla 3r, 2r ve 4r yarıçaplı O_1, O_2 ve O_3 merkezli homojen dairesel levhalar şekildeki gibi perçinlenmiştir.

Buna göre sistemin kütle merkezi O_1 merkezinden kaç r uzaklıktadır?

Cevap

1.85. Soru



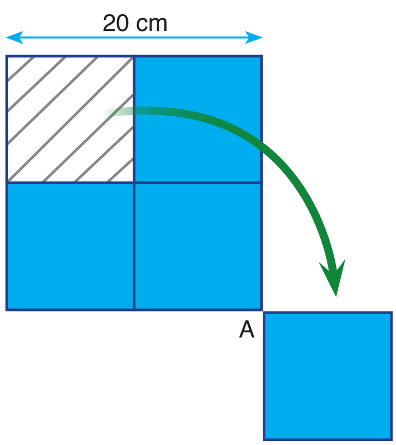
Eşit kalınlıkta olan homojen daire ve dikdörtgen levhanın yoğunlukları sırasıyla 3d ve d'dir.

Levhalar şekildeki gibi M noktasından birleştirildiğinde oluşan sistemin ağırlık merkezi hangi noktada olur?

(π = 3 alınız. Bölmeler eşit aralıklıdır.)

Cevap

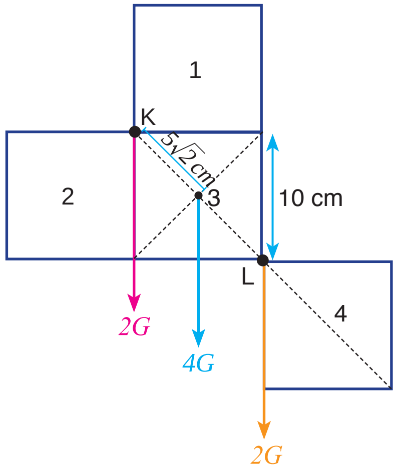
1.84. Örnek



Şekildeki homojen kare levhanın taralı kısmı çıkarılarak A noktasına yapıştırılıyor.

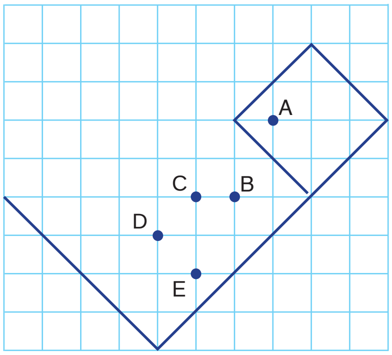
Kare levhanın bir kenarının uzunluğu 20 cm olduğuna göre sistemin ağırlık merkezi kaç cm yer değiştirmiştir?

Çözüm



Her bir parçanın ağırlığı G kabul edilirse oluşan yeni sistemde 1 ve 2 numaralı parçaların ağırlık merkezi K noktasındadır. 3 ve 4 numaralı parçaların ağırlık merkezi L noktasında ve parçaların bileşke ağırlığı 2G'dir. Dolayısıyla sistemin yeni ağırlık merkezi K ve L noktalarını birleştiren doğrunun tam orta noktasındadır. Ağırlık merkezinin eski yeri K noktası olduğu için ağırlık merkezi $5\sqrt{2}$ cm yer değiştirmiştir.

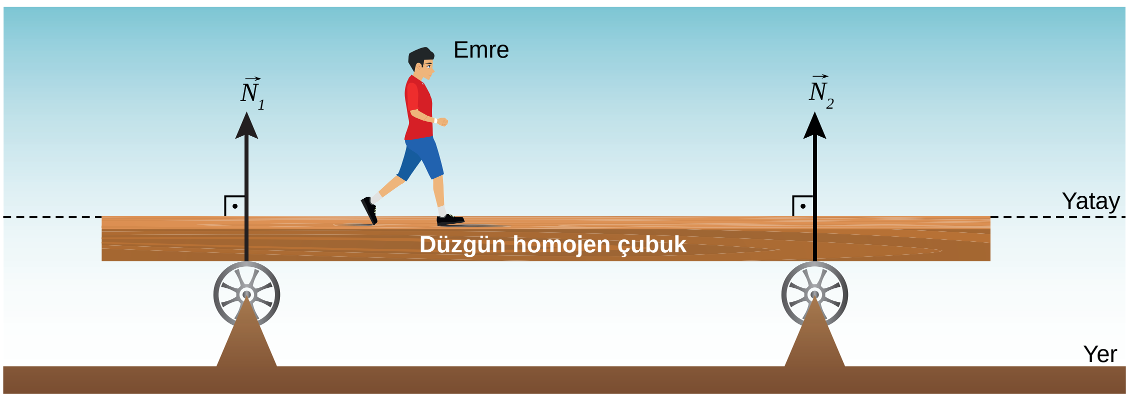
1.86. Soru



Homojen bir tel şekildeki gibi birim karelere bölünmüş düzlemde büküldüğünde meydana gelen sistemin ağırlık merkezi hangi noktada olur? *(Birim kareler özdeştir.)*

Cevap

FİNAL SORUSU

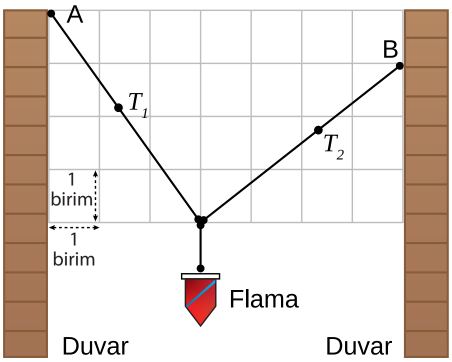


Yeterince dayanıklı, düzgün ve homojen bir kalas üzerinde duran Emre, yere sabitlenmiş ve sürtünmesi ihmal edilen makaralar üzerinde dengededir. Bu durumda makaraların kalasa gösterdiği tepki kuvvetleri N_1 ve N_2 büyüklüğündedir.

Emre, makaralar arasında yürümeye başladığında kalasın yatay dengesi bozulmadığı sürece N_1 ve N_2 tepki kuvveti büyüklüklerinin değişimi için ne söylenebilir? Açıklayınız.

9. BÖLÜM ÇALIŞMA SORULARI

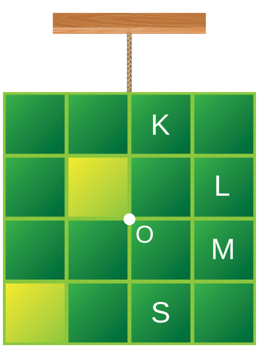
1. Soru



Düzgün bir flama, iki duvar arasındaki eşit bölmelendirilmiş düşey düzlemde ağırlığı ihmal edilen ve esnemeyen ipler yardımıyla dengelenmiştir.

T_1 ve T_2 gerilme kuvvetlerine sahip ipler duvarlara sırasıyla A ve B noktalarından sabitlendiğine göre iplerdeki gerilme kuvvetlerinin büyüklükleri oranı T_1 / T_2 kaçtır?

2. Soru

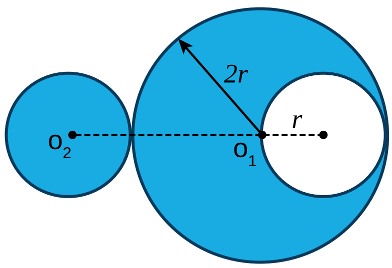


Özdeş ve homojen 16 kare parçanın birleştirilmesi ile oluşturulan levhanın kütle merkezi O noktasıdır. Levha düşey eksende bir ip yardımıyla asılarak dengelemiştir. Levhadan sarı boyalı parçalar çıkartılıp atıldığına göre

a) **Levhanın dengesinin bozulmaması için harflendirilmiş parçalardan hangi ikisi daha çıkartılabilir?**

b) **Levhanın kütle merkezinin yerinin değişmemesi için harflendirilmiş parçalardan hangi ikisi daha çıkartılabilir?**

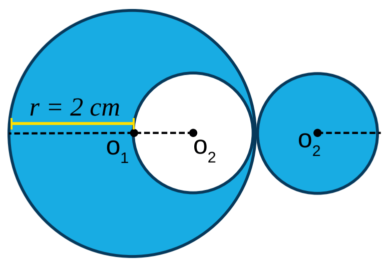
3. Soru



O_1 merkezli 2r yarıçaplı homojen daireden O_2 merkezli r yarıçaplı daire çıkartılarak A noktasına perçinlenmiştir.

Buna göre sistemin yeni kütle merkezi O_1 noktasından kaç r uzaktadır?

4. Soru

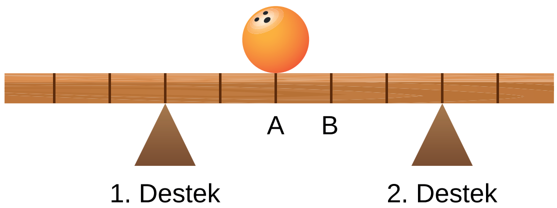


O_1 merkezli 2 cm yarıçaplı 7,8 g/cm^3 özkütleli demir levhanın O_2 merkezli kısmı kesilip yan tarafına yapıştırılıyor. Çıkarılan kısma ise 2,7 g/cm^3 öz kütleli alüminyum levha yerleştiriliyor.

Buna göre yeni cismin ağırlık merkezi O_1den kaç cm uzaklıktadır?

Devam ediyor.

5. Soru



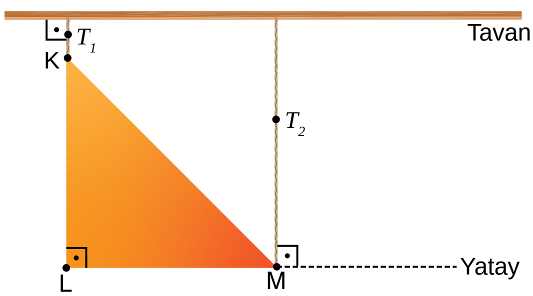
Sürtünmesi ihmal edilen ortamda iki destek üzerine oturtulmuş 25 N ağırlığındaki homojen kalas, 10 eşit bölmeden oluşmuştur. 50 N büyüklüğündeki bovling topu A noktasında iken desteklerin tepki kuvvetlerinin büyüklükleri T_1 ve T_2dir. Bovling topu B noktasına getirildiğinde ise desteklerin tepki kuvvetlerinin büyüklükleri T_1' ve T_2' olmaktadır.

Buna göre

a) T_1 ve T_2 kaç N olur?

b) T_1' ve T_2' kaç N olur?

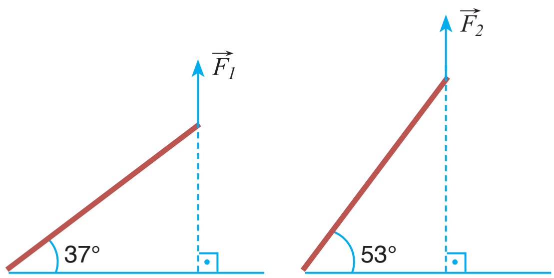
6. Soru



İkizkenar dik üçgen şeklindeki homojen levha, K ve M köşelerinden düşey doğrultudaki ağırlığı ihmal edilen ipler yardımıyla tavana asılmıştır.

Levha dengede olduğuna göre iplerdeki gerilme kuvveti büyüklüklerinin oranı T_1 / T_2 kaç olur?

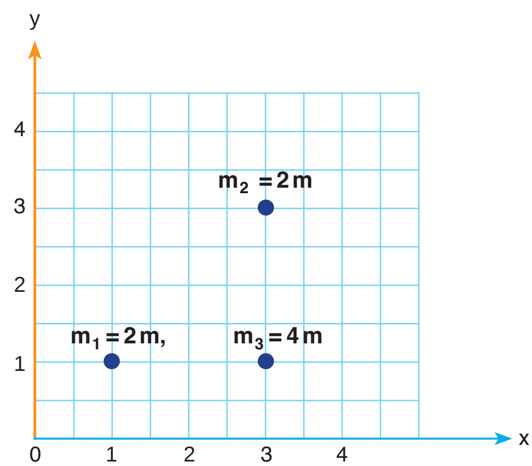
7. Soru



Şekildeki gibi $\vec{G}$ ağırlığına sahip homojen çubuk, $\vec{F_1}$ ve $\vec{F_2}$ kuvvetleri ile yatayla 37° ve 53° yapacak şekilde ayrı ayrı dengede tutuluyor.

Kuvvetlerin büyüklüklerini, çubuğun ağırlığı cinsinden hesaplayınız.

8. Soru



Aynı düzlemde bulunan $m_1 = 2m$, $m_2 = 2m$ ve $m_3 = 4m$ kütlelerine sahip cisimlerden oluşan sistemin kütle merkezinin koordinatlarını hesaplayınız.

1.10. BASİT MAKİNELER

HAZIR MISINIZ?

GİZEMLİ PİRAMİTLER



Mısır Piramitlerinin nasıl inşa edildiğini hiç düşündünüz mü?

Bu soru günümüzde gizemini korumaktadır. Mısırlıların piramitleri yaparken olağanüstü yöntem ve teknoloji kullandıkları iddia edilse de Mısır tarihi incelendiğinde durumun böyle olmadığı anlaşılmıştır. Konuyla ilgili birçok varsayım bulunmaktadır. Varsayımlardan birine göre Mısırlılar, piramitleri inşa etmek için çekiç ve bronzdan yapılmış keski kullanarak taş ve kayaları yontuyorlardı. Keski ile yonttukları taş ve kayaları taşımak için yük tekneleri ve kütüklerden yararlanıyorlardı. Tekerlekli araçlara sahip olmayan Mısırlılar, taş ve kayaları yük teknelerine yerleştirip silindir şeklindeki kütüklerin üzerinden yuvarlıyorlardı. Piramidin duvarlarını yükseltirken kullanılan temel yöntem ise çıkan molozları duvarın etrafına yığarak bir rampa oluşturmaktı.

1. soru: Metne göre Mısır Piramitleri yapılırken hangi basit makinelerden ve bu makinelerin hangi işlevlerinden yararlanılmıştır? Açıklayınız.

....

....

....

....

2. soru: Günümüzde bir binanın inşasında hangi basit makineler kullanılmaktadır?

....

....

....

....

1.10.1. GÜNLÜK HAYATTA KULLANILAN BASİT MAKİNELER

Günlük hayatta iş yapma kolaylığı sağlayan makinelere **basit makineler** denir. Bunlar iş yapma kolaylığı sağlarken işin yapılması için harcanan enerjiden kazanç sağlamaz. Basit makinelerde kuvvetten kazanç oranında yoldan kayıp veya kuvvetten kayıp oranında yoldan kazanç sağlanır. Bu makineler genellikle kuvvetten kazanç sağlamak amacıyla kullanılır. Taşınan yükün sisteme uygulanan kuvvete oranına **kuvvet kazancı** denir. Kuvvet kazancı birimsiz bir büyüklük olup

$\text{Kuvvet kazancı} = \dfrac{\text{Taşınan yükün ağırlığı } (G)}{\text{Uygulanan kuvvet } (F)}$ bağıntısıyla hesaplanır.

Basit makinelerde enerjinin kazancından bahsedilmezken basit makinenin veriminden bahsedilebilir. Sürtünmelerin ihmal edildiği basit makinede makineden alınan enerji, makineden verilen enerjiye eşittir. Sistemde dengelenmek istenen yük dışında sistemde başka bir ağırlık olmadığı kabul edilirse sistemin verimi %100 olur. Sürtünme kuvvetlerinden dolayı gerçekte %100 verimle çalışan basit makine yoktur. Basit makinenin verimi, makineden alınan işin makineye verilen enerjiye oranıdır.

$\text{Verim} = \dfrac{\text{Alınan enerji}}{\text{Verilen enerji}}$ bağıntısıyla hesaplanır.

Verim yüzde olarak bulunurken bağıntıdan elde edilen değer 100 ile çarpılır.

Kaldıraç, sabit ve hareketli makara, palanga, eğik düzlem, vida, çıkrık, çark ve kasnak basit makinelere örnek verilebilir.

AKLINDA BULUNSUN

- $\frac{G}{F} > 1$ ise sistemde kuvvetten kazanç vardır.
- $\frac{G}{F} = 1$ ise sistemde kuvvetten kazanç ya da kayıp yoktur.
- $\frac{G}{F} < 1$ ise sistemde kuvvetten kayıp vardır.

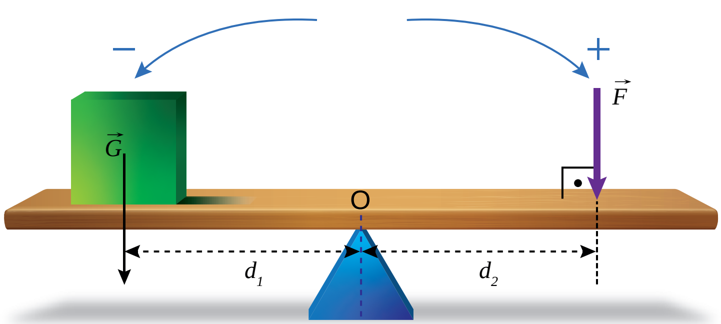
A) Kaldıraçlar

Destek üzerinde ve sabit bir nokta etrafında dönebilen katı cisimlerden oluşan sistemlere **kaldıraç** denir. Kaldıraçlar; destek noktası, yük ve kuvvetin konumuna göre üç farklı şekilde incelenir.

1. Desteğin Yük ile Kuvvet Arasında Olduğu Kaldıraçlar

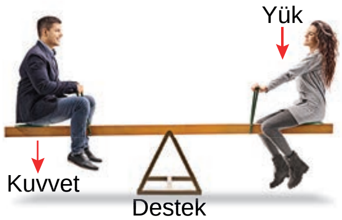
Şekil 1.76'daki gibi destek üzerinde ağırlığı ihmal edilen çubuğun bir ucuna konulan $\vec{G}$ ağırlıklı yük, desteğin diğer ucuna uygulanan $\vec{F}$ kuvveti ile dengelenmiştir. Sistem dengede olduğu için O noktasına göre toplam tork $\vec{\tau}_{toplam} = \vec{\tau}_G + \vec{\tau}_F = 0$ olmalıdır. d_1 yük kolunun ve d_2 kuvvet kolunun uzunluğu olmak üzere destek noktasına göre yük ve kuvvetin tork büyüklükleri eşitlendiğinde

$G \cdot d_1 = F \cdot d_2$ elde edilir.

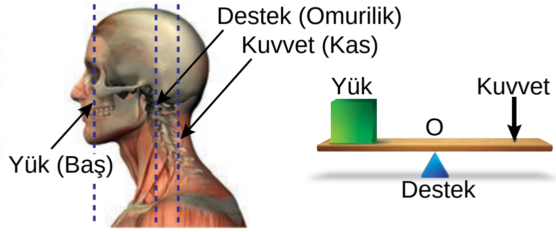


Şekil 1.76: *Desteğin ortada olduğu kaldıraçta yükün kuvvetle dengelenmesi*

Bu tür kaldıraçlarda kuvvetten ya da yoldan kazanç sağlanabilir. Tahterevalli bu kaldıraç türüne örnek verilebilir (Görsel 1.23.a). Boyun eğme hareketinde kaslar bu kaldıraç türündeki gibi davranır (Görsel 1.23.b).



a) Tahterevalli



b) Boyun eğme hareketinin kaldıraç ile karşılaştırılması

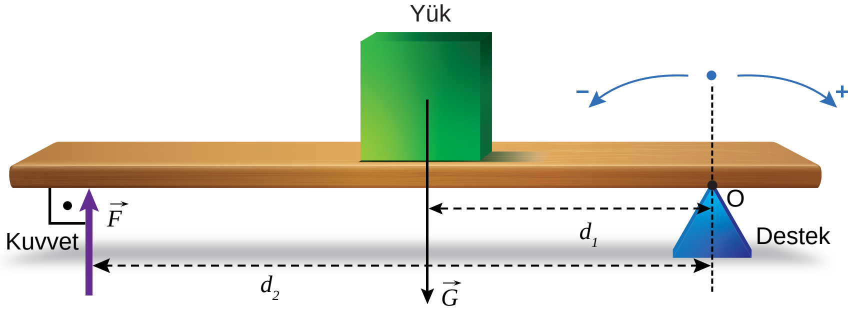
***Görsel 1.23:** Desteğin yük ile kuvvet arasında olduğu kaldıraçlar*

2. Yükün Destek ile Kuvvet Arasında Olduğu Kaldıraçlar

Şekil 1.77'deki gibi destek üzerine ağırlığı ihmal edilen çubuk, orta noktasına $\vec{G}$ ağırlıklı yük, bir ucunda destek diğer ucunda uygulanan $\vec{F}$ kuvveti ile dengelenmiştir. Sistem dengede olduğu için O noktasına göre toplam tork $\vec{\tau}_{toplam} = \vec{\tau}_G + \vec{\tau}_F = 0$ olmalıdır. d_1 yük kolunun, d_2 kuvvet kolunun uzunluğu olmak üzere destek noktasına göre yük ve kuvvetin tork büyüklükleri eşitlendiğinde

$G \cdot d_1 = F \cdot d_2$ elde edilir.

Bu tür kaldıraçlarda her zaman kuvvet kolu yük kolundan büyük $(d_2 > d_1)$ olacağından kuvvetten kazanç sağlanır.

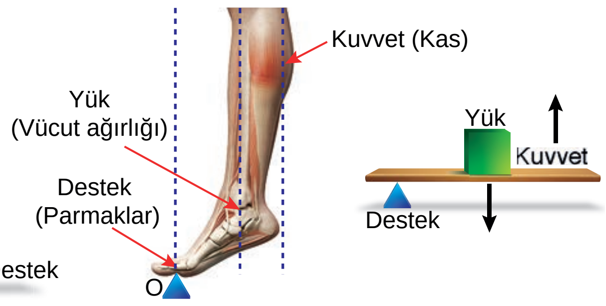


***Şekil 1.77:** Yükün ortada olduğu kaldıraçta yükün kuvvetle dengelenmesi*

El arabası bu kaldıraç türüne örnek verilebilir (Görsel 1.24.a). Günlük hayatımızda parmak ucuna kalkma hareketinde kaslar bu kaldıraç türündeki gibi davranır (Görsel 1.24.b).



a) El arabası



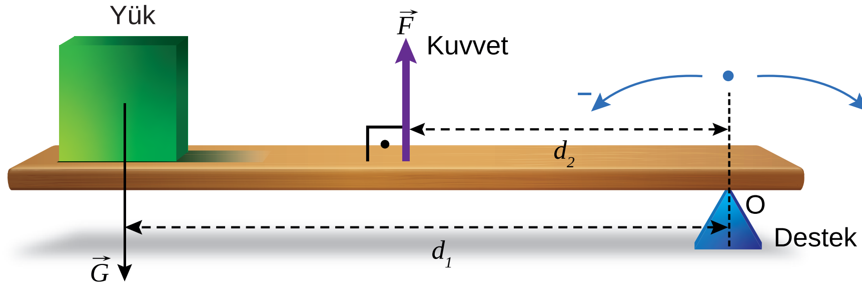
b) Parmak ucuna kalkma hareketinin kaldıraç ile karşılaştırılması

***Görsel 1.24:** Yükün destek ile kuvvet arasında olduğu kaldıraçlar*

3. Kuvvetin Destek ile Yük Arasında Olduğu Kaldıraçlar

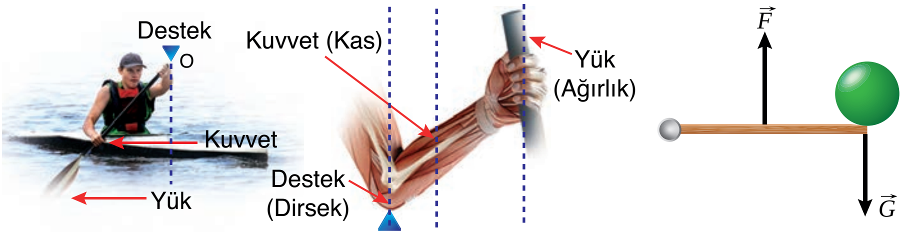
Şekil 1.78'de ağırlığı ihmal edilen çubuğun bir destek üzerindeki denge durumu gösterilmiştir. Çubuğu dengede tutan kuvvetler, çubuğun orta noktasına uygulanan $\vec{F}$ kuvveti, bir ucunda bulunan yükün $\vec{G}$ ağırlığı ve diğer ucundaki desteğin tepki kuvvetidir. Sistem dengede olduğu için O noktasına göre toplam tork $\vec{\tau}_{toplam} = \vec{\tau}_G + \vec{\tau}_F = 0$ olmalıdır. d_1 yük kolunun, d_2 kuvvet kolunun uzunluğu olmak üzere destek noktasına göre yük ve kuvvetin tork büyüklükleri eşitlendiğinde $G \cdot d_1 = F \cdot d_2$ elde edilir.

Bu tür kaldıraçlarda yük kolu, kuvvet kolundan her zaman büyük $(d_1 > d_2)$ olacağından kuvvetten kayıp vardır.



***Şekil 1.78:** Kuvvetin ortada olduğu kaldıraçta yükün kuvvetle dengelenmesi*

Kürek bu tür kaldıraçlara örnektir (Görsel 1.25.a). Günlük hayatımızda kolumuzda yük kaldırma hareketinde kaslar bu kaldıraç türündeki gibi davranır (Görsel 1.25.b).



a) Kürek *b) Yük sırasında kol hareketinin kaldıraç ile karşılaştırılması*

***Görsel 1.25:** Kuvvetin destek ile yük arasında olduğu kaldıraçlar*

Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

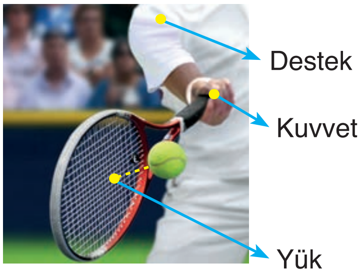
1.85. Örnek



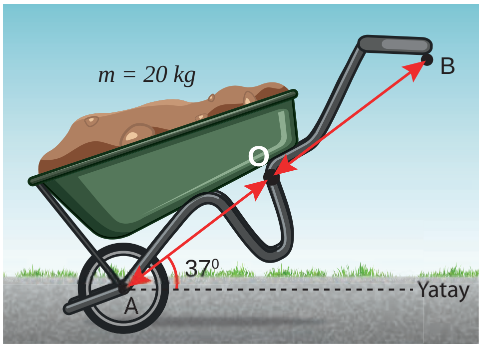
Kuvvetin destek ile yük arasında olduğu kaldıraçlara insan kolları, iş makinelerinin pistonla çalışan kolları, çene, tenis raketi, cımbız, kürek, olta, maşa örnek verilebilir.

Bu örneklerden tenis raketi ile topa vuran tenisçi üzerinde; kuvvetin, desteğin ve yükün bulunduğu noktaları gösteriniz.

Çözüm



1.86. Örnek

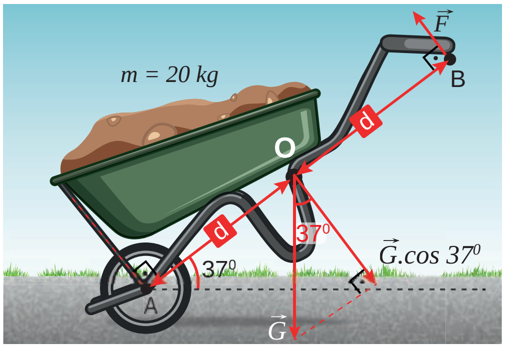


Bir el arabası ile içindeki yükün toplam kütlesi 20 kg'dır. El arabası şekildeki gibi yatayla 37° açı yaparak taşınmak istenmektedir. El arabası üzerinde gösterilen IAOI ve IOBI uzunlukları eşittir.

O noktası yükün kütle merkezi olduğu kabul edildiğine göre yükü taşıyabilecek en küçük kuvvetin büyüklüğü kaç N olur?

(cos 37° = 0,8; sin 37° = 0,6; g =10 m/s² alınız. Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

Çözüm



Yükü taşıyabilecek en küçük kuvvet B noktasından ve A ile B noktası üzerinden geçen doğrultuya dik şekilde uygulanmalıdır. Kuvvet kolu IABI, yük kolu IAOI'dur. O noktasına göre tork sıfırdır. Buna göre en küçük kuvvetin büyüklüğü

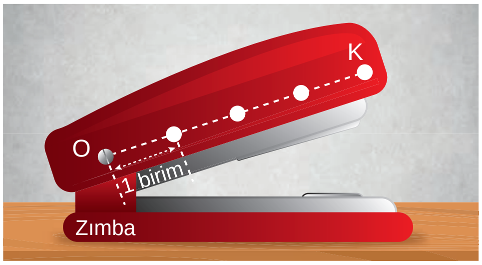
$F \cdot 2d = G \cdot cos\,37° \cdot d$

$F \cdot 2 = m \cdot g \cdot 0,8$

$F \cdot 2 = 20 \cdot 10 \cdot 0,8$

$F = 80\ N$ bulunur.

1.87. Soru

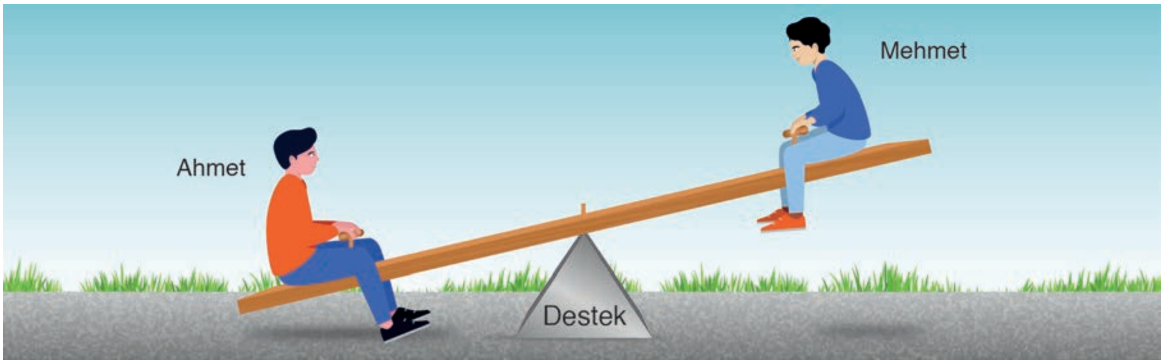


Ağırlığı ve sürtünmeleri ihmal edilen bir zımbanın üzerinde bulunan OK doğrusu, uzunluğu 1 birim olan eşit bölmelerden oluşmaktadır.

Zımba teli K noktasında olduğuna göre kuvvet kazancının 0,25 olduğu şekildeki zımbada OK doğrusuna dik uygulanan kuvvetle kâğıt zımbalayabilmek için kuvvetin uygulama noktasının O'dan uzaklığı kaç birim olmalıdır?

Cevap

1.88. Soru



Tahterevalli üzerinde yatay olarak dengelerini sağlayamayan Ahmet ve Mehmet'in yatay dengelerini sağlayabilmeleri için aşağıda verilen çözüm yollarının uygun olup olmadığını gerekçelendirerek açıklayınız.

Cevap

a) Tahterevallinin boyu kısaltılmalıdır.

....

....

b) Destek, Ahmet'e yaklaştırılmalıdır.

....

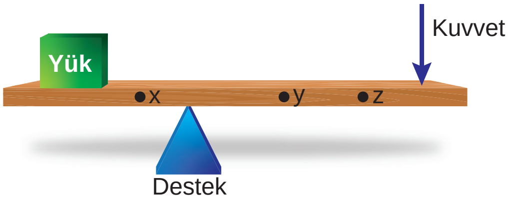
....

c) Destek, Mehmet'e yaklaştırılmalıdır.

....

....

1.89. Soru



Şekildeki ağırlığı ihmal edilen kaldıraçta desteğin x, y ve z noktalarında bulunması durumunda oluşan kuvvet kazançlarını büyükten küçüğe doğru sıralayınız.

Cevap

B) Makaralar

Bir eksen etrafında serbestçe dönebilen, etrafına ipin sarılabildiği tekerlek biçimindeki basit makinelere **makara** denir. Makaralı düzenekler, kuvvetten kazanç sağlamak ya da kuvvetin yönünü değiştirmek için kullanılır. İnşaatlarda yüklerin taşınması, asansörlerin hareket ettirilmesi gibi işlerde iş kolaylığı sağlar ve amaçlarına göre farklı şekillerde bağlanabilir (Görsel 1.26).

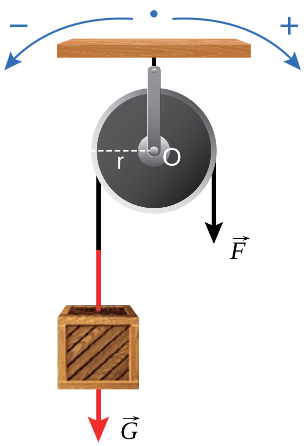


Görsel 1.26: *Yük taşımada kullanılan makaralar*

1. Sabit Makaralar

Merkezinden sabit bir noktaya bağlanan ve merkezi etrafında serbestçe dönebilen Şekil 1.79'daki gibi makaralara **sabit makaralar** denir. $\vec{G}$ ağırlıklı yük, $\vec{F}$ kuvveti ile şekildeki gibi dengelendiğinde aynı ip üzerindeki gerilme kuvvetleri eşit olacağından sabit makarayı $\vec{G}$ yükü (-) yönde, $\vec{F}$ kuvveti ise (+) yönde dönmeye zorlar. Sürtünme ve ip ağırlıklarının ihmal edildiği sistemlerde bu kuvvetlerin yardımıyla taşınan yük ya durur ya da sabit hızla hareket eder. Bu durumda bu kuvvetlerin O noktasına göre toplam torku sıfır $(\vec{\tau}_{toplam} = 0)$ olur. Buna göre $G \cdot r = F \cdot r$ ve $G = F$ bulunur.

$$Kuvvet\ kazancı = \frac{Taşınan\ yükün\ ağırlığı}{Uygulanan\ kuvvet} = \frac{G}{F} = 1$$ olur.



Şekil 1.79: *Sabit makarada $\vec{F}$ kuvveti ile $\vec{G}$ yükünün dengelenmesi*

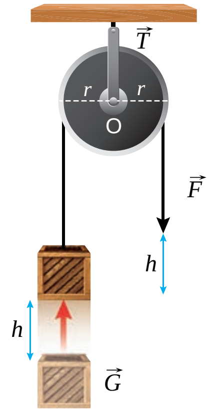
Sabit makaralarda kuvvetten ya da yoldan kazanç sağlanamazken kuvvetin yönü değiştirilerek iş kolaylığı sağlanır.

Şekil 1.80'deki gibi sabit makara ile oluşan sistemde ip $\vec{F}$ kuvveti ile h kadar çekilirse enerji korunumuna göre $\vec{G}$ ağırlıklı yük de h kadar yükselir.

Sistem dengede ve makaralar ağırlıksız ise makarayı taşıyan ipteki T gerilme kuvvetinin büyüklüğü $T = G + F$ olurken sistem dengede ve makaralar $\vec{G}_{makara}$ ağırlıklı ise makarayı taşıyan ipteki T gerilme kuvvetinin büyüklüğü

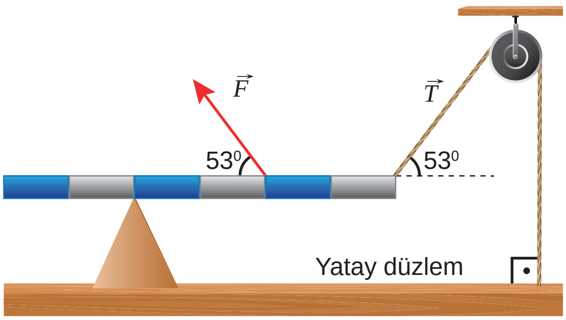
$$T = G + F + G_{makara}$$

bağıntısı ile bulunur.



Şekil 1.80: *Sabit makaralı sistemde $\vec{G}$ yükünün yer değiştirmesi*

1.87. Örnek

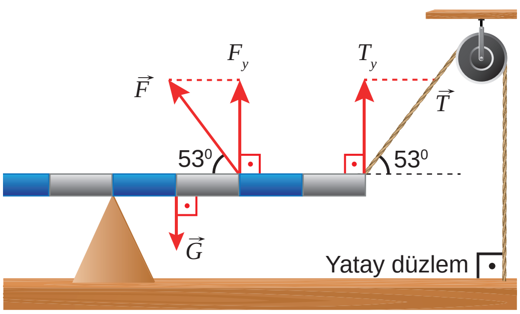


Sürtünmelerin ihmal edildiği sistemde ağırlığı 64 N büyüklüğünde olan şekildeki eşit bölmelendirilmiş homojen çubuk dengededir.

F kuvvetinin büyüklüğü 20 N olduğuna göre sabit makarayı çubuğa bağlayan ipteki gerilme kuvveti T'nin büyüklüğü kaç N olur?

(cos 53° = 0,6; sin 53° = 0,8 alınız.)

Çözüm



$\vec{F}$ kuvvetinin düşey düzlemdeki bileşeni

$F_y = F \cdot \sin 53° = 20 \cdot 0,8 = 16\ N$,

$\vec{T}$ kuvvetinin düşey düzlemdeki bileşeni

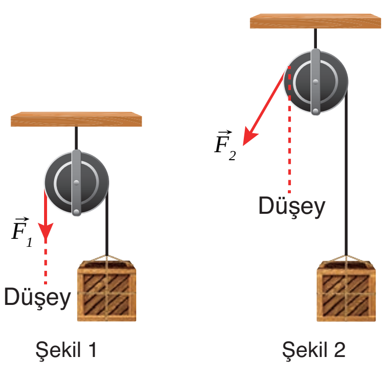
$T_y = T \cdot \sin 53° = 0,8\,T$ bulunur. Sistem dengede olduğuna göre destek noktasına göre tork sıfır olur. Buna göre gerilme kuvveti $\vec{T}$ 'nin büyüklüğü

$$F_y \cdot 2 + 0,8\,T \cdot 4 = G \cdot 1$$

$$16 \cdot 2 + 3,2\,T = 64 \cdot 1$$

$$T = 10\ N$$ bulunur.

1.90. Soru



Sürtünmesi ve ağırlıkları ihmal edilen Şekil 1 ve Şekil 2'deki sistemde özdeş cisimler, $\vec{F}_1$ ve $\vec{F}_2$ kuvvetleri ile dengelenmektedir. $\vec{F}_1$ ve $\vec{F}_2$ kuvvetlerinin uygulandığı ipler sabit hızla h kadar çekildiğinde cisimlerin yer değiştirmesi Şekil 1'de h_1, Şekil 2'de $h_2$dir.

Buna göre cisimlerin yer değiştirmelerinin büyüklükleri oranı h_1/h_2 kaçtır?

Cevap

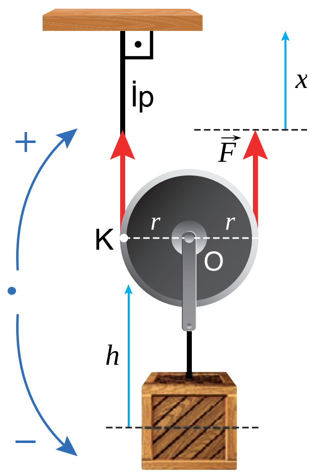
2. Hareketli Makaralar

Merkezine yük asılan ve etrafına sarılan ip üzerinde dönerek ilerleyen makaraya **hareketli makara** denir. Şekil 1.81'deki gibi ağırlığı ihmal edilen hareketli makarada $\vec{G}$ ağırlıklı yük $\vec{F}$ kuvvetiyle dengelendiğinde K noktasına göre $\vec{F}$ kuvveti makarayı (-) yönde, $\vec{G}$ ağırlıklı yük (+) yönde dönmeye zorlar. Sistem dengede olduğundan K noktasına göre toplam tork sıfırdır. Buna göre G ağırlığının ve F kuvvetinin büyüklükleri arasında $G \cdot r = F \cdot 2r \implies 2F = G$ eşitliği elde edilir. Bu durum şekildeki hareketli makaranın iplerindeki gerilme kuvvetinin F büyüklüğünde olduğunu da ifade eder. Hareketli makarada

$$\text{Kuvvet kazancı} = \frac{\text{Taşınan yükün ağırlığı}}{\text{Uygulanan kuvvet}} = \frac{G}{F} = \frac{G}{\frac{G}{2}} = 2$$

olur.

Hareketli makaralarda kuvvetten kazanç elde edilirken yoldan kayıp olur.



Şekil 1.81: *Ağırlığı ihmal edilen hareketli makaraya uygulanan kuvvet ile $\vec{G}$ ağırlıklı yükün dengelenmesi*

Ağırlığı ve sürtünmesi ihmal edilen makaraya bağlı olan $\vec{G}$ yükünü Şekil 1.82'deki gibi h kadar yükseltmek için ipin ucunu $\vec{F}$ kuvvetiyle x kadar çekmek gerekir. Enerji korunumuna göre x

$$F \cdot x = G \cdot h$$
$$\frac{G}{2} \cdot x = G \cdot h$$
$$x = 2h \text{ bulunur.}$$

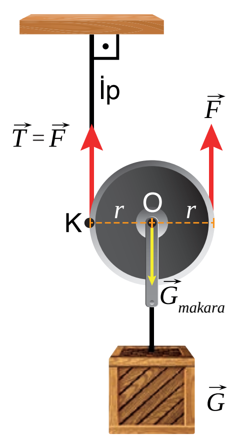
Elde edilen sonuca göre $\vec{G}$ ağırlıklı yükün h kadar yükselmesi için ipin ucu 2h kadar çekilmelidir.

Sistem $\vec{G}$ ağırlıklı yük ve ağırlığı $\vec{G}_{makara}$ olan hareketli makarayla Şekil 1.82'deki gibi dengelenirse

$$\vec{T} + \vec{F} + \vec{G} + \vec{G}_{makara} = 0$$
$$\vec{F} + \vec{F} + \vec{G} + \vec{G}_{makara} = 0 \text{ olur.}$$
$$2F = G + G_{makara}$$
$$F = \frac{G + G_{makara}}{2}$$

olarak bulunur. Benzer şekilde tork K noktasına göre alınırsa

$$F \cdot 2r = (G + G_{makara}) \cdot r$$
$$F = \frac{G + G_{makara}}{2} \text{ bulunur.}$$

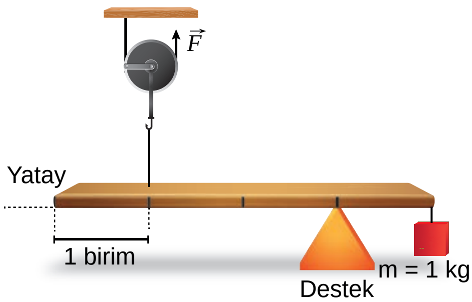


Şekil 1.82: *Ağırlığı ihmal edilmeyen hareketli makaraya uygulanan kuvvet ile $\vec{G}$ ağırlıklı yükün dengelenmesi*

MERAK UYANDIRAN SORULAR

Hareketli bir makara dağcılık sporunda hangi durumlarda kullanım kolaylığı sağlar?

1.88. Örnek



50 N ağırlığındaki eşit bölmeli homojen bir çubuk, 1 kg kütleli cisim ve destek yardımıyla dengelenmek isteniyor. Kullanılan makaralar ve ipin ağırlığı ihmal edildiğine göre

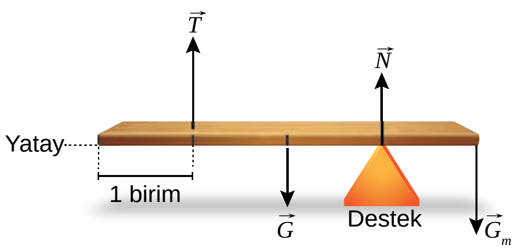
a) Sistemi dengede tutmak için makaraya bağlı ipe etki eden F kuvvetinin büyüklüğü kaç N olur?

b) Çubuğun yatayda dengede olması durumunda destekte oluşan tepki kuvvetini bulunuz.

($g = 10\ m/s^2$ alınız, sürtünmeleri ihmal ediniz.)

Çözüm

a) Çubuk, homojen ve eşit bölmeli olduğundan ağırlık merkezi çubuğun orta noktasındadır. Çubuğun ağırlığı $\vec{G}$, ip gerilme kuvveti $\vec{T}$ desteğin tepki kuvveti $\vec{N}$ ve cismin ağırlığı $\vec{G}_m$ olmak üzere çubuk için kuvvet diyagramı aşağıdaki gibidir.



Desteğin çubuğa temas ettiği noktaya göre tork işlemi yapılırsa tepki kuvvetinin ($\vec{N}$) destek noktasına göre torku sıfır olur. Bu durumda

$T \cdot 2 + G_m \cdot 1 = G \cdot 1$

T ip gerilme kuvveti, hareketli makara ile dengelendiği için $T = 2\,F$ olur.

$2F \cdot 2 + 10 = 50$

$4F = 40$

$F = 10\ N$ bulunur.

b) Çubuk dengedeyken çubuğa etki eden net kuvvetlerin toplamı sıfır olmalıdır. Kuvvet diyagramından

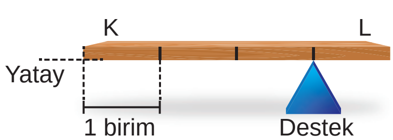
$T + N = G + G_m$

$2F + N = G + G_m$

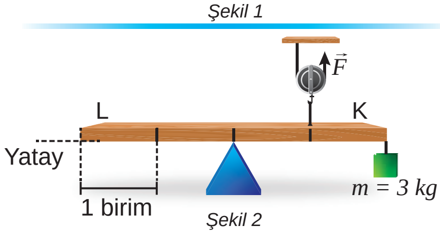
$20 + N = 50 + 10$

$N = 40\ N$ bulunur.

1.91. Soru



Şekil 1



Şekil 2

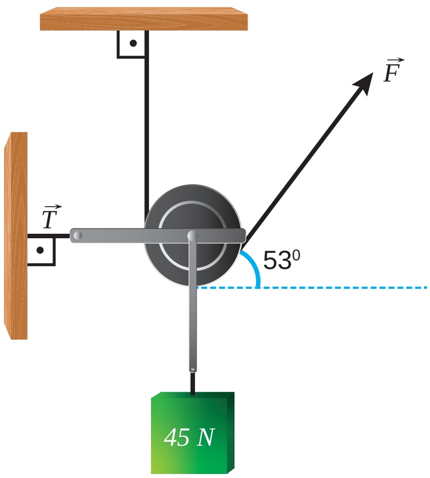
Ağırlığının büyüklüğü 20 N olan Şekil 1'deki eşit bölmeli çubuk dengededir.

Aynı çubuk ters çevrilerek çubuğun Şekil 2'deki gibi makara ve ipin ağırlığının ihmal edildiği sistemde 3 kg kütleli cisim ile dengede kalabilmesi için makaraya bağlı ipe etki eden F kuvvetinin büyüklüğü kaç N olmalıdır?

($g = 10\ m/s^2$ alınız, sürtünmeleri ihmal ediniz.)

Cevap

1.92. Soru



Makara ağırlığı ve sürtünmelerin ihmal edildiği sistemde 45 N ağırlığındaki cisim, şekildeki gibi dengededir.

Buna göre

a) Makaraya bağlı ipe etki eden F kuvvetinin büyüklüğü kaç N olur?

b) Sistemi yatayda denge tutan T ip gerilme kuvvetinin büyüklüğü kaç N olur?

(cos 53° = 0,6; sin 53° = 0,8 alınız.)

Cevap

1.93. Soru



Verilen sistemdeki makaralar ve özdeş cisimler, şekildeki gibi dengededir.

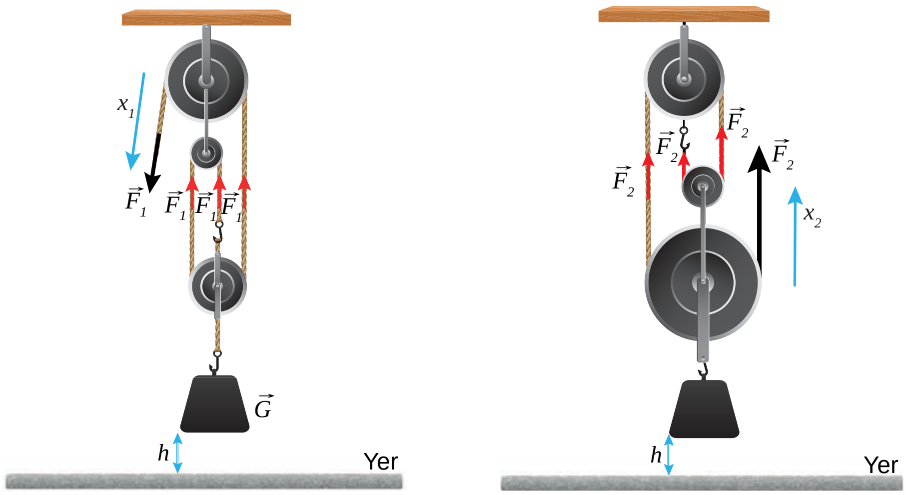
Her bir makara ve cismin ağırlığı P büyüklüğünde olduğuna göre tavan kaç P ağırlığı taşımaktadır?

(İplerin ağırlığını, esnemesini ve sürtünmeleri ihmal ediniz.)

Cevap

C) Palangalar

Birden fazla sabit ya da hareketli makaranın farklı şekillerde bağlanmasıyla oluşan düzeneklere **palanga** denir. Palanga sistemlerinde $\vec{G}$ ağırlıklı yük, uygulanan $\vec{F}$ kuvvetiyle dengelenir. Bu nedenle sistemdeki kuvvetlerin bileşkesi sıfırdır.



***a)** Kuvvetle yükün farklı makarada olduğu palanga sistemleri*

***b)** Kuvvetle yükün aynı makarada olduğu palanga sistemleri*

***Şekil 1.83:** Palanga sistemi*

Şekil 1.83.a'da hareketli makara üzerinde bulunan $\vec{G}$ ağırlığındaki yük, $\vec{F_1}$ ip gerilme kuvvetleri ile dengelemektedir. Buna göre

$F_1 + F_1 + F_1 = G$

$F_1 = \frac{G}{3}$ olur. Bu durumda

$\text{Kuvvet kazancı} = \frac{\text{Taşınan yükün ağırlığı}}{\text{Uygulanan kuvvet}} = \frac{G}{F} = \frac{G}{\frac{G}{3}} = 3$ bulunur.

Makara ağırlıklarının ve sürtünmenin ihmal edildiği sistemde $\vec{F_1}$ kuvveti uygulanarak ip x_1 kadar çekildiğinde $\vec{G}$ ağırlıklı yük, h kadar yükselirse enerji korunumuna göre

$F_1 \cdot x_1 = G \cdot h$

$\frac{G}{3} \cdot x_1 = G \cdot h$

$h = \frac{x_1}{3}$ bulunur. Kuvvetten üç kat kazanç sağlanırken yoldan üç kat kayıp vardır.

Şekil 1.83.b'de hareketli makara üzerinde bulunan $\vec{G}$ ağırlığındaki yük, $\vec{F_2}$ ip gerilme kuvvetleri ile dengelemektedir. Buna göre

$F_2 + F_2 + F_2 + F_2 = G$

$F_2 = \frac{G}{4}$ olur. Bu durumda

$\text{Kuvvet kazancı} = \frac{\text{Taşınan yükün ağırlığı}}{\text{Uygulanan kuvvet}} = \frac{G}{F} = \frac{G}{\frac{G}{4}} = 4$ bulunur.

Makara ağırlıklarının ve sürtünmenin ihmal edildiği sistemde $\vec{F_2}$ kuvveti uygulanarak ip x_2 kadar çekildiğinde $\vec{G}$ ağırlıklı yük h kadar yükselirse enerji korunumuna göre

$F_2 \cdot x_2 = G \cdot h$

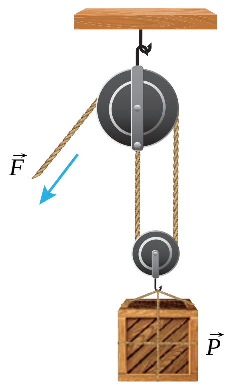
$\frac{G}{4} \cdot x_2 = G \cdot h$

$h = \frac{x_2}{4}$ bulunur. Kuvvetten dört kat kazanç sağlanırken yoldan dört kat kayıp vardır.

AKLINDA BULUNSUN

Palanga sistemlerinde yükün yükselme miktarı, makara ağırlığından bağımsızdır. Fakat kuvvet kazancı makara ağırlığından etkilenir.

1.89. Örnek



Ağırlığı $\vec{P}$ olan bir yük, makara ağırlıklarının $\vec{P}$ olduğu sistemde $\vec{F}$ kuvveti ile dengelenmiştir.

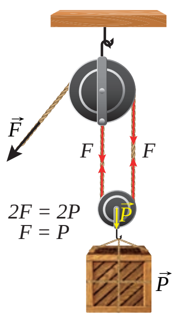
Buna göre sistemin verimi yüzde kaçtır?

(Sürtünmeleri ve ipin ağırlığını ihmal ediniz.)

Çözüm

Sistemin verimi iki yol ile elde edilebilir.

1. Yol



F kuvveti h kadar çekilirse P yükü h/2 kadar yükselir. Bu durumda enerjinin korunumundan

$$Verim = \frac{Alınan\ enerji}{Verilen\ enerji}$$

$$Verim = \frac{P \cdot \frac{h}{2}}{F \cdot h} = \frac{F \cdot \frac{h}{2}}{F \cdot h} = \frac{1}{2}$$

Verim %50 olarak bulunur.

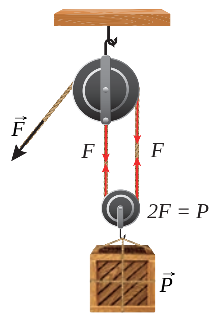
2. Yol

Aşağıdaki palangalarda gösterildiği gibi P; makaraların ağırlığı ihmal edildiğinde 2F, makaraların ağırlığı ihmal edilmediğinde F'nin büyüklüğüne eşittir.

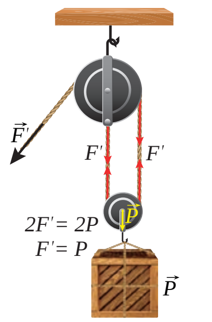
$$Verim = \frac{Ağırlığı\ \ ihmal\ edilen\ makaralarla\ sistemi\ dengeleyen\ kuvvet}{Ağırlığı\ ihmal\ edilmeyen\ makaralarla\ sistemi\ dengeleyen\ kuvvet}$$

bağıntısı kullanılarak

$$Verim = \frac{F}{F'} = \frac{\frac{P}{2}}{P} = \frac{1}{2} = \%50$$ bulunur.



Makara ağırlığının ihmal edildiği sistem



Makara ağırlığının ihmal edilmediği sistem

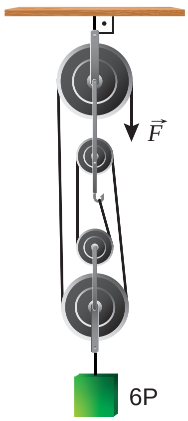
AKLINDA BULUNSUN

Sürtünmeli sistemler için verim

$$Verim = \frac{Sürtünmesi\ ihmal\ edilen\ sistemi\ dengeleyen\ kuvvet}{Sürtünmelerin\ ihmal\ edilmediği\ sistemde\ sistemi\ dengeleyen\ kuvvet}$$

bağıntısı kullanılarak da bulunabilir.

1.94. Soru

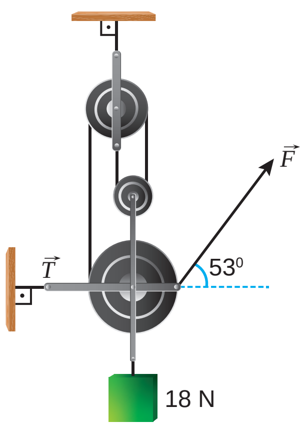


Sürtünmelerin ihmal edildiği palanga sisteminde 6P ağırlığındaki cisim, $\vec{F}$ kuvveti ve her birinin ağırlık büyüklüğü P olan makaralar yardımıyla düşeyde dengelenmiştir.

Buna göre F kuvvetinin büyüklüğü kaç P olur?

Cevap

1.95. Soru



Sürtünmelerin ihmal edildiği sistemde 18 N ağırlığındaki cisim; her birinin ağırlığı 10 N olan makaralar, $\vec{T}$ ip gerilmesi ve yatayla 53° açı yapacak şekilde uygulanan $\vec{F}$ kuvveti yardımıyla düşeyde dengelenmiştir.

Buna göre T ip gerilmesinin büyüklüğü kaç N olur?

(cos 53° = 0,6; sin 53° = 0,8 alınız.)

Cevap

Ç) Eğik Düzlem

Bir cismi bulunduğu yerden belirli bir yüksekliğe çıkarmak için **eğik düzlem** denen düzenekler kullanılabilir. Bu düzenekler günlük hayatta rampa olarak da adlandırılır. Eğik düzlem, bir araca malzeme yüklemek için kullanılabileceği gibi engelli rampası olarak fiziksel engelli bireylerin günlük yaşamlarını kolaylaştırmak için de kullanılabilir (Görsel 1.27).



***a)** Yük rampası*



***b)** Engelli rampası*

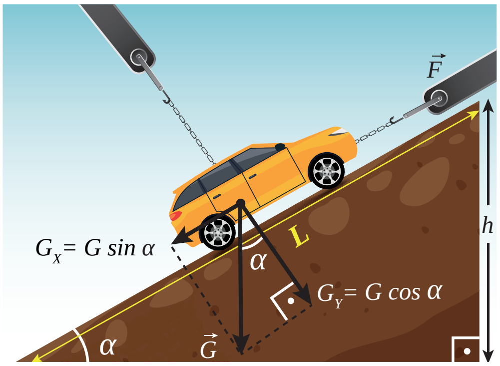
***Görsel 1.27:** Eğik düzlem örnekleri*

Şekil 1.84'teki $\vec{G}$ ağırlıklı araç, sürtünmelerin ihmal edildiği ve eğim açısı α olan eğik düzlem üzerinde $\vec{F}$ kuvveti ile sabit hızla çekilirse araca etki eden net kuvvet sıfır olur. Buna göre

$F = G \cdot \sin\alpha$

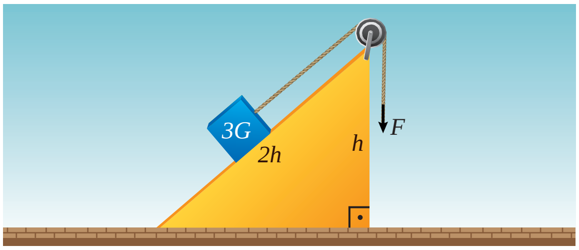
$\sin\alpha = \dfrac{h}{L}$ olduğundan

$F = \dfrac{G \cdot h}{L}$ bulunur. $\dfrac{h}{L}$ oranı azaltılarak kuvvetten daha fazla kazanç sağlanabilir. Bu durumda yoldan da aynı oranda kayıp gerçekleşir.



***Şekil 1.84:** Sürtünmesiz eğik düzlem üzerinde zincirlerle dengelenmiş araca etki eden kuvvetler*

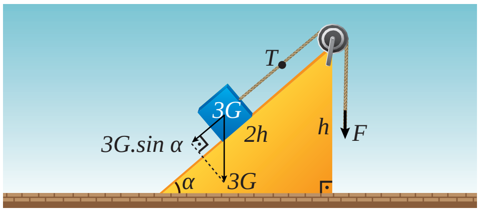
1.90. Örnek



Ağırlığı 3G büyüklüğündeki bir cisim, dik kenarı h ve hipotenüsü 2h uzunluğunda olan sürtünmeleri ihmal edilmiş eğik düzlem ve makara yardımıyla dengelenmiştir.

Esnemeyen ve ağırlığı ihmal edilmiş ipin bir ucu, 3G ağırlığındaki cisme bağlı iken diğer ucuna uygulanan F büyüklüğündeki kuvvet kaç G olmalıdır?

Çözüm



Dengede bir sistemde ip gerilmesi

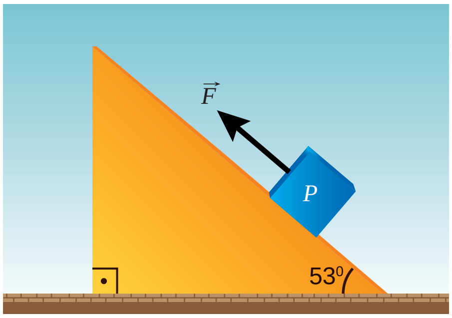
$T = 3G \cdot \sin\alpha$ olur. Eğik düzlemden yararlanarak

$\sin\alpha = \dfrac{h}{2h} = \dfrac{1}{2}$ bulunur.

$F = T = 3G \cdot \dfrac{1}{2}$

$F = \dfrac{3G}{2}$ elde edilir.

1.96. Soru



Sürtünmelerin ihmal edildiği sistemde ağırlığının büyüklüğü 20 N olan P cismi, eğik düzleme paralel $\vec{F}$ kuvveti ile sabit hızla hareket etmektedir.

Buna göre

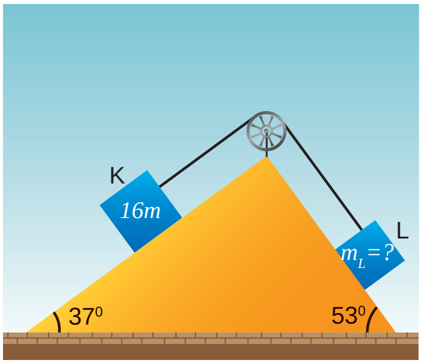
a) $\vec{F}$ kuvvetinin büyüklüğü kaç N olur?

b) P cisminin eğik düzlem üzerinde aldığı yol 60 cm ise cismin potansiyel enerji değişimi kaç J olur?

($\cos 53° = 0,6; \sin 53° = 0,8; g = 10\ m/s^2$ alınız.)

Cevap

1.97. Soru



Sürtünmelerin ihmal edildiği eğik düzlem ve makaradan oluşan sistemde K cisminin kütlesi 16m'dir.

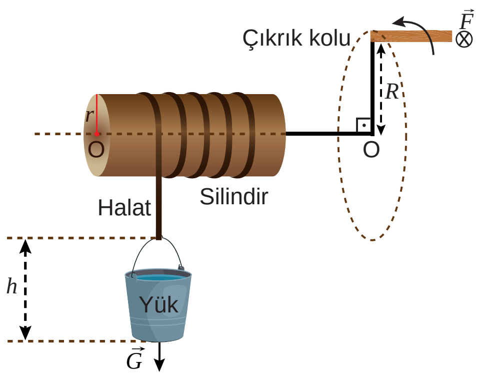
Sistem dengede olduğuna göre L cisminin kütlesi kaç m olur?

($\cos 37° = \sin 53° = 0,8; \sin 37° = \cos 53° = 0,6; g = 10\ m/s^2$ alınız.)

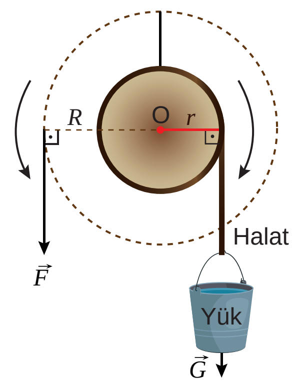
Cevap

D) Çıkrık

Merkezinden geçen eksen etrafında dönebilen bir silindir, silindirin merkezine bağlı bir kol ve üzerine sarılı halat ya da zincirden oluşmuş sisteme **çıkrık** denir. Çıkrık; günlük hayatta su kuyularından su çıkarmak için kullanılan araç olarak bilinse de çıkrığın yün eğirme aleti, olta makarası, el matkabı ve bisiklet pedalı olarak kullanımları da mevcuttur.



***a)** Karşıdan görünümü*



***b)** Yandan görünümü*

***Şekil 1.85:** Çıkrığın karşıdan ve yandan görünümü*

Şekil 1.85'teki çıkrık sisteminde $\vec{G}$ ağırlığı ile $\vec{F}$ kuvvetinin dengede olabilmesi için bu kuvvetlerin O eksenine göre torklarının eşit büyüklükte olması gerekmektedir. Buna göre $G \cdot r = F \cdot R$ olur.

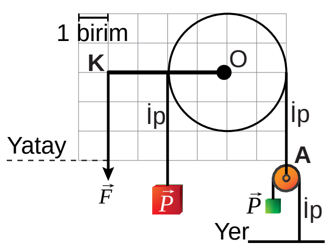
Çıkrık kolu, F büyüklüğündeki kuvvetle bir defa dönerse silindir de bir defa döner ve ip silindire sarılır. Bu durumda yük, silindirin çevresi $(2\pi \cdot r)$ kadar hareket eder. Çıkrık kolu, F büyüklüğündeki kuvvetle n tur döndürülürse yük h kadar yer değiştirir. Sürtünmesi ihmal edilen sistemlerde enerji korunumuna göre kuvvetin yaptığı iş, yükün yaptığı işe eşittir. Bu durumda

$$G \cdot h = F \cdot 2\pi \cdot R \cdot n$$

$$G \cdot h = \frac{G \cdot r}{R} \cdot 2\pi \cdot R \cdot n$$

$h = r \cdot 2\pi \cdot n$ bulunur. Buna göre yükün yer değiştirme miktarı, silindirin yarıçapına ve silindirin tur sayısına bağlıdır.

1.91. Örnek



Yarıçapı 2 birim olan çıkrık; şekildeki gibi $\vec{P}$ ağırlıklı cisimler, $\vec{F}$ kuvveti, A makarası ve çıkrık kolu ile dengede tutuluyor.

Homojen çıkrık kolunun ve makaranın ağırlığı $\vec{P}$ olduğuna göre sistemin dengede kalabilmesi için uygulanması gereken F kuvvetinin büyüklüğü kaç P'dir?

(Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

Çözüm

Sistem dengede olduğundan O noktasına göre toplam tork sıfır olmalıdır. Buna göre

$$F \cdot 4 + (P + P) \cdot 2 = 3P \cdot 2$$

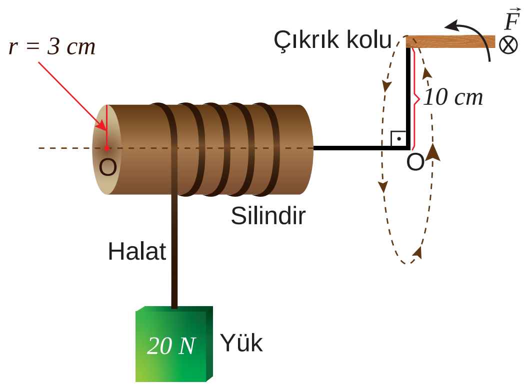
$$F \cdot 4 + 2P \cdot 2 = 6P$$

$$4F + 4P = 6P$$

$$4F = 2P$$

$F = \frac{P}{2}$ bulunur.

1.98. Soru



Sürtünmelerin ihmal edildiği şekildeki sistemde silindir yarıçapı r = 3 cm ve çıkrık kolu 10 cm olan bir çıkrık ile 20 N ağırlığındaki bir yük $\vec{F}$ kuvveti ile dengede tutulmaktadır.

Buna göre

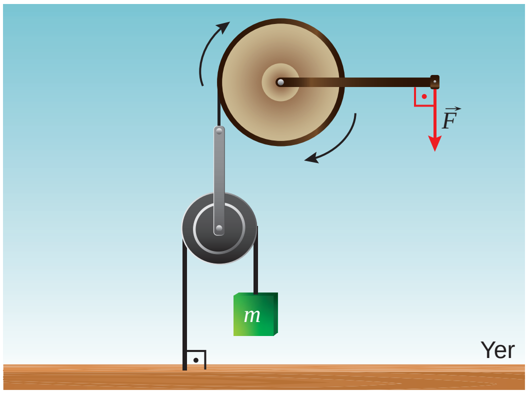
a) F kuvvetinin büyüklüğünü hesaplayınız.

b) Çıkrık kolu 1 tur döndüğünde yük kaç cm yer değiştirir?

(π = 3 alınız.)

Cevap

1.99. Soru



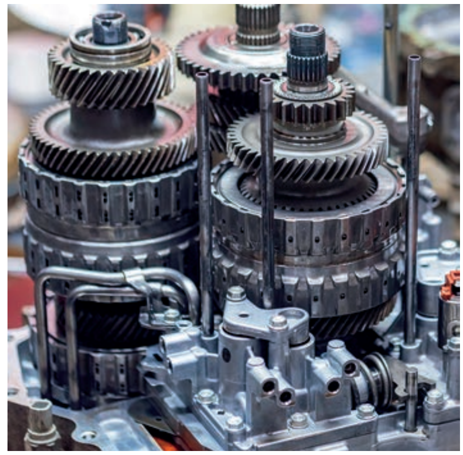
Sürtünmelerin ihmal edildiği şekildeki sistemde silindir yarıçapı 2 cm olan bir çıkrık, $\vec{F}$ kuvveti yardımıyla 2 kez döndürüldüğünde m kütleli cisim kaç cm yer değiştirir?

(π = 3 alınız.)

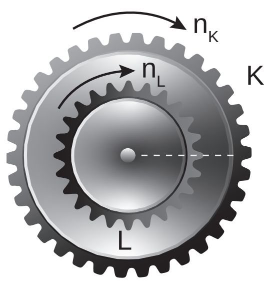
Cevap

E) Çarklar

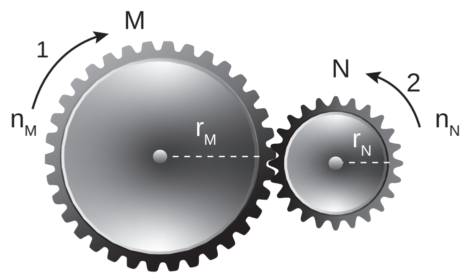
Çarklar, bir merkez etrafında dönebilen ve çevresinde dişlerin sıralandığı disk şeklindeki makine elemanlarıdır. Çarklar, dönme yönü ve tur sayıları değiştirilerek makine ve düzeneklerde hareketi aktarmak görevini üstlenir. Günümüzde de kullanım alanı çok geniştir ve günlük hayatta yer alan motorların, bisikletlerin, saatlerin çalışma prensibinde çarklar kullanılır (Görsel 1.28). Kullanım alanının böylesine geniş olması, amaçlarına göre farklı büyüklüklerde çarkların üretilmesine neden olur.



Görsel 1.28: *Çarklar*



Şekil 1.86: *Merkezleri çakışık farklı yarıçaptaki çarklar*



Şekil 1.87: *Birbirine dıştan temas eden çarklar*

Şekil 1.86'da merkezleri birbirine çakıştırılarak perçinlenmiş ve yarıçapları birbirinden farklı K ve L çarkları gösterilmektedir. Bu çarkların dönme yönleri ve tur sayıları$(n_K = n_L)$aynıdır.

Şekil 1.87'deki gibi farklı merkezlerde dönen, yarıçapları farklı M ve N çarkları birbirlerine dıştan temas ederek hareketi aktarır. M çarkı 1 yönünde dönerken N çarkı 2 yönünde dönecektir. M çarkının, hareketi N çarkına aktarması sırasında enerji korunduğundan her iki çark üzerinde yapılan işler birbirine eşittir. M çarkı n_M tur dönerken N çarkı n_N tur döner ve aralarındaki bağıntı enerji korunumuna göre

$F \cdot 2\pi \cdot r_M \cdot n_M = F \cdot 2\pi \cdot r_N \cdot n_N$ olur. Bu bağıntıdan

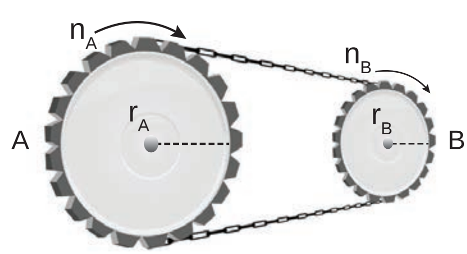
$r_M \cdot n_M = r_N \cdot n_N$ bulunur. M ve N çarklarının tur sayıları yarıçaplarının büyüklüğü ile ters orantılıdır.

Şekil 1.88'deki gibi farklı merkezlerde dönen A ve B çarkları, zincir yardımıyla hareketi birbirlerine de aktarabilir. Zincir, A ve B çarklarının aynı yönde dönmelerini sağlar. Zincir üzerindeki her noktada gerilme kuvvetleri birbirine eşit büyüklükte olacağından A çarkı üzerinde yapılan iş, B çarkı üzerinde yapılan işe eşittir. Enerji korunumuna göre

$F \cdot 2\pi \cdot r_A \cdot n_A = F \cdot 2\pi \cdot r_B \cdot n_B$

bağıntısından

$r_A \cdot n_A = r_B \cdot n_B$ bulunur.



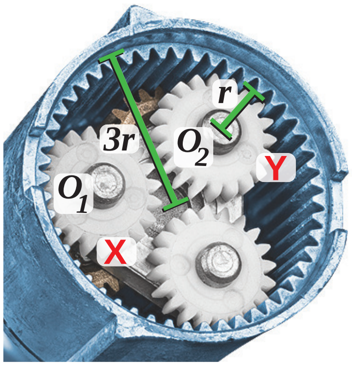
Şekil 1.88: *Birbirine zincir ile bağlı çarklar*

A ve B dişlilerinin tur sayıları yarıçaplarının büyüklüğü ile ters orantılıdır.

AKLINDA BULUNSUN

Çarklarda diş sayıları, çarkların yarıçapları ile doğru orantılıdır.

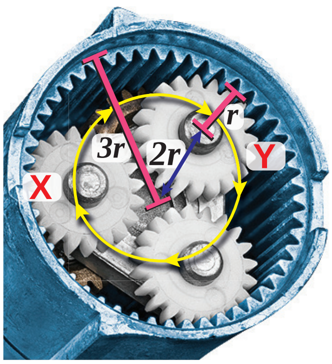
1.92. Örnek



Bir saatin çark sisteminde 3r yarıçaplı, O_1 merkezli X çarkı ile r yarıçaplı, O_2 merkezli Y çarkı görülmektedir. Y çarkı öteleme hareketi yapmadan kendi merkezi etrafında dönerken X çarkı, Y çarkı sayesinde kendi ekseni etrafında serbestçe dönebilmektedir.

X çarkının 1 tur dönebilmesi için Y çarkı kaç tur dönmelidir?

Çözüm



X çarkı dönerken Y çarkının merkezinin de 2r yarıçaplı bir yörünge boyunca hareket ettiği düşünülebilir. Bu durumda X çarkı 1 tur döndüğünde Y çarkının tur sayısı (n_y) için

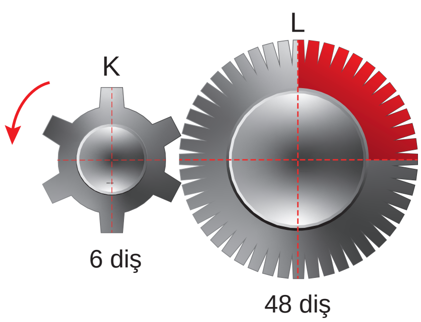
Y *çarkının aldığı yol* $= 2\pi \cdot 2r$

Y *çarkının çevresi* $= 2\pi \cdot r$ *olduğundan*

$$2\pi \cdot 2r = 2\pi \cdot r \cdot n_y$$

$n_y = 2$ bulunur.

1.100. Soru

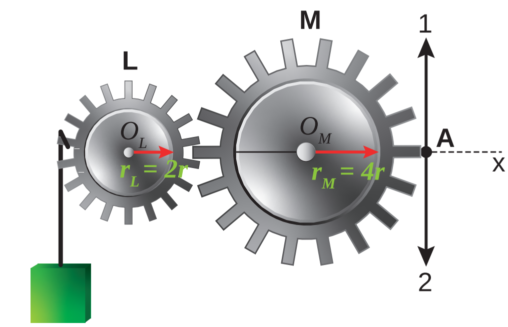


Sürtünmelerin ihmal edildiği şekildeki sistemde K ve L çarklarının diş sayısı sırasıyla 6 ve 48 adettir.

K çarkı ok yönünde 1 tur döndürüldüğünde L çarkının görünümü nasıl olur? Çiziniz.

Cevap

1.101. Soru



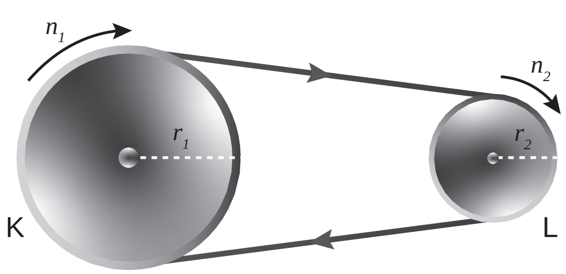
Çarklardan oluşan ve sürtünmesi ihmal edilen şekildeki sistemde ağırlığının büyüklüğü 48 N olan P yükü, $\vec{F}$ kuvveti ile dengelenmek istenmektedir. L ve M çarklarının yarıçapı sırasıyla 2r ve 4r'dir.

Buna göre A noktasından x doğrultusuna dik şekilde uygulanacak $\vec{F}$ kuvveti hangi yönde ve kaç N olmalıdır?

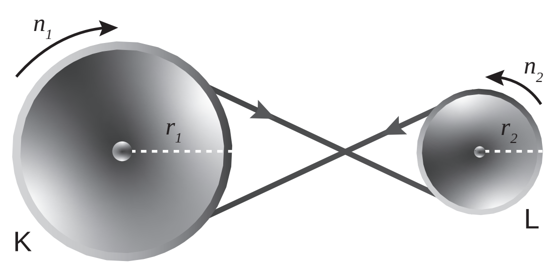
Cevap

F) Kasnaklar

Bir merkez etrafında dönebilen ve etrafına kayış sarılabilen, oyuklu disk şeklindeki basit makinelere **kasnak** denir. Birçok motorlu araçta kasnaklar, kayış yardımıyla motorun dönme hareketini aracın diğer kısımlarına aktarır.



a) *Aynı yönde dönen kasnaklar*



b) *Zıt yönde dönen kasnaklar*

Şekil 1.89: *Kasnakların bağlanması*

Şekil 1.89.a'da kayışla birbirine bağlı r_1 ve r_2 yarıçaplı K ve L kasnaklarından K, ok yönünde dönerken kayışın ilerleme yönüne bakılarak L'nin de aynı yönde döndüğü görülür. Kayış Şekil 1.89.b'deki gibi çapraz bağlandığında ise K ok yönünde döndürüldüğünde kayışın ilerleme yönüne bakılarak L'nin zıt yönde döndüğü görülür. K ve L kasnaklarının tur sayıları sırasıyla n_1 ve n_2 olduğunda kasnaklar üzerinde yapılan işler eşittir. Buna göre

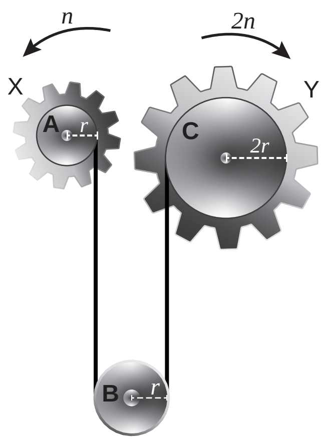
$$F \cdot 2\pi \cdot r_1 \cdot n_1 = F \cdot 2\pi \cdot r_2 \cdot n_2$$

$$r_1 \cdot n_1 = r_2 \cdot n_2$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{r_2}{r_1}$$ bulunur.

Buna göre kasnaklarda tur sayıları kasnakların yarıçapları ile ters orantılıdır.

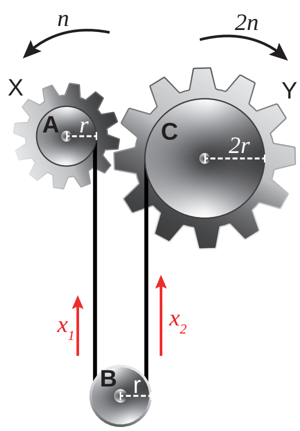
1.93. Örnek



Şekildeki X çarkına r yarıçaplı A kasnağı, Y çarkına yarıçapı 2r olan C kasnağı merkezlerinden perçinlenmiştir. X ve Y çarklarının dönme sayıları sırasıyla n ve 2n'dir. A ve C kasnaklarına bağlı B kasnağının yarıçapı ise r'dir.

Çarkların dönme yönleri şekildeki gibi olduğuna göre düşeyde serbestçe hareket edebilen B kasnağının tur sayısını bulunuz.

Çözüm



Eş merkezli kasnak ve çarkların tur sayıları ve dönme yönleri aynıdır. X çarkı n tur döndüğünde ipi kendi çevresine sararak x_1 kadar çeker. Aynı şekilde Y çarkı 2n tur döndüğünde ipi x_2 kadar çeker. Buna göre

$x_1 = n \cdot (2 \cdot \pi \cdot r) = 2n\pi r$

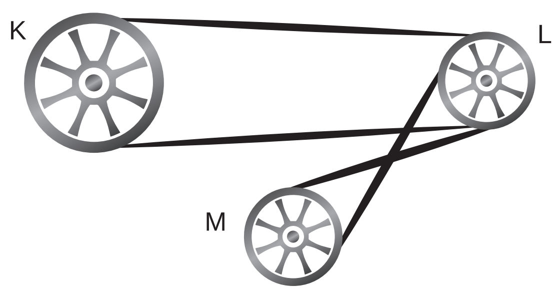
$x_2 = 2n \cdot (2 \cdot \pi \cdot 2r) = 8n\pi r$ olur.

B kasnağı çevresinden geçen ipin aldığı yolun yarısı kasnağı döndürürken diğer yarısı da kasnağı öteler. Buna göre ipin kasnak üzerindeki hareketi $|X_1 - X_2|$'dir.

B kasnağının tur sayısı n_B

$$n_B = \frac{\frac{|X_1 - X_2|}{2}}{B_{çevre}} = \frac{\frac{|X_1 - X_2|}{2}}{2 \cdot \pi \cdot r} = \frac{\frac{|2n\pi r - 8n\pi r|}{2}}{2 \cdot \pi \cdot r} = \frac{3n}{2}$$ bulunur.

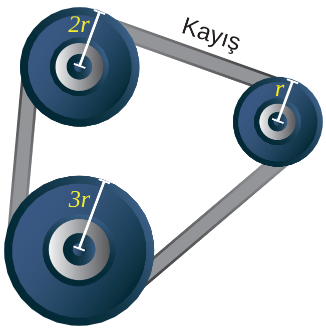
1.102. Soru



K, L ve M kasnaklarından oluşan sistemdeki M kasnağı saat yönünde döndürülürse K kasnağı hangi yönde döner?

Cevap

1.103. Soru



Şekildeki gibi r, 2r ve 3r yarıçaplı kasnaklardan oluşan sistemde kasnakların öteleme hareketi yapmadıkları bilindiğine göre

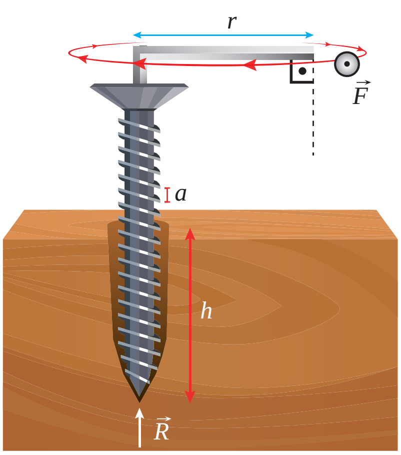
r yarıçaplı kasnağın 1 devir yapabilmesi için sistemde kullanılan kayışın herhangi bir noktası kaç r yol almalıdır?

(π = 3 alınız.)

Cevap

G) Vida

Üzerinde eğimli spiral dişler bulunan silindir şeklindeki basit makineye **vida** denir (Şekil 1.90). Vida günlük hayatta genellikle iki veya daha fazla parçayı birbirine tutturmak için kullanılır. Vidalar; saat, gözlük gibi küçük aletlerden biçerdöverler gibi büyük makinelere kadar hemen her yerde kullanım alanına sahiptir.



Şekil 1.90: *Vidanın tahta içinde ilerlemesi*

Vida üzerinde ardışık iki diş arasındaki uzaklık **vida adımı** (a) olarak adlandırılır. Vida bir tam tur döndürüldüğünde bulunduğu zeminde bir vida adımı kadar yol alır. Vida N kez dönerse $h = N \cdot a$ kadar tahta içinde yol alır. Vidayı döndürmek için uygulanan $\vec{F}$ kuvveti sonucunda vidanın zeminde ilerlemesine karşı $\vec{R}$ direnç kuvveti oluşur. Enerjinin korunumuna göre $\vec{F}$ kuvvetinin vidayı tam tur döndürmek için yaptığı iş, vidanın direnç kuvvetine karşı zeminde bir vida adımı kadar ilerlemesi için gerekli enerjiye eşit olacaktır. Buna göre

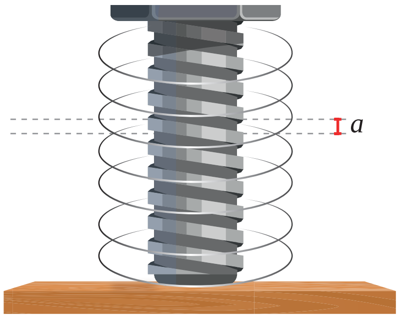
$F \cdot 2\pi \cdot r = R \cdot a$ olur.

Vidada kuvvetten kazanç sağlanabilmesi için kuvvet kolunun yarıçapı (r) büyük ve vida adımı küçük seçilir. Böylece vidalı bir kriko kolu döndürülerek yüzlerce kilo ağırlığındaki araçlar kolaylıkla hareket ettirilebilir.

AKLINDA BULUNSUN

$\vec{R}$ zeminin direnç kuvveti olduğundan sadece zeminin cinsine bağlıdır. $\vec{R}$ direnç kuvveti $\vec{F}$, r ve a'dan bağımsızdır. Bir vida sisteminde F kuvvetinin büyüklüğü artırıldığında vida zeminde daha hızlı ilerler.

1.94. Örnek



Sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda vida adımı 1 cm olan bir vidanın zeminde doğrusal şekilde ilerlemesi sağlanmaktadır. Vidayla aynı boyda bir yay, vidanın üzerinden geçirilerek üst kısmına sabitlenmiştir. Vidanın kendi ekseni etrafında döndürülmesi durumunda yay da vida ile birlikte serbestçe sıkışarak dönmektedir.

Yay sabiti k = 100 N/m olduğuna göre yayda 2 J esneklik potansiyel enerjisinin depolanması için vida kaç kez döndürülmelidir?

Çözüm

Vida ile birlikte yay h kadar ilerlerse yayda meydana gelen esneklik potansiyel enerjisi

$E = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2$

$x = h$ olduğundan

$2 = \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot h^2$

$\frac{4}{100} = h^2$

$h = 0,2\,m$ bulunur.

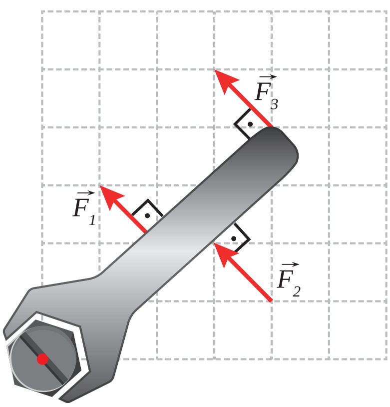
Her turda a kadar ilerleyen vida için

$h = N \cdot a$

$0,2 = N \cdot 0,01$

$N = 20$ olarak bulunur.

1.104. Soru

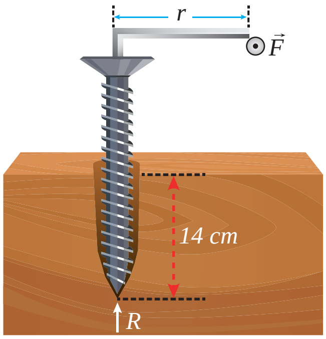


Yatay düzlemde bulunan ve baş kısmı cıvata olan bir vida, cıvata anahtarına ayrı ayrı uygulanan $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ ve $\vec{F}_3$ kuvvetleri ile ancak sökülebilmektedir.

Buna göre $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ ve $\vec{F}_3$ kuvvetlerinin büyüklükleri arasındaki ilişkiyi küçükten büyüğe sıralayınız.

Cevap

1.105. Soru



Kuvvet kolunun uzunluğu 2 cm olan vida, F = 5 N büyüklüğündeki kuvvet yardımıyla ancak döndürülebilmektedir.

Vida, kuvvet kolu 28 tur attığında zeminde 14 cm ilerlediğine göre vidanın ilerlemesine karşı koyan zeminin R direnç kuvvetinin büyüklüğü kaç N olur?

(π = 3 alınız.)

Cevap

8. UYGULAMA

Görselde basit makinelerin kullanıldığı araçlar karışık olarak verilmiştir. Tabloda belirtilen basit makinelerin bulunduğu boşluklara uygun araçları yazınız.

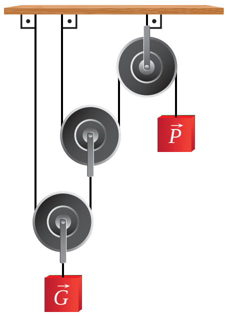
Uygulamanın etkileşimli hâli için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.



Kaldıraç	Eğik Düzlem	Vida	Çıkrık	Kasnaklar ve Çarklar	Makaralar

1.10.2. BASİT MAKİNELER İLE İLGİLİ HESAPLAMALAR

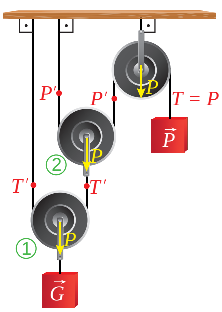
1.95. Örnek



Ağırlıklarının büyüklüğü P olan özdeş makaralarla kurulan sistemde $\vec{P}$ ağırlıklı bir cisim, $\vec{G}$ ağırlığına sahip başka bir cisimle dengede tutuluyor.

G'nin P cinsinden değerini bulunuz. *(Sürtünmeleri ihmal ediniz.)*

Çözüm



Sistem dengede olduğundan şekildeki 2 numaralı makara üzerine etki eden kuvvetlerin toplamı sıfır olmalıdır. Dolayısıyla 1 ve 2 numaralı makarayı birbirine bağlayan ipin gerilmesinin büyüklüğü

$$P + P = P + T'$$

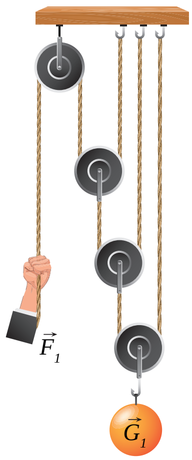
$T' = P$ bulunur.

1 numaralı makara üzerine etki eden kuvvetler ile denge şartı sağlandığında

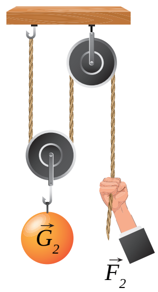
$$P + G = T' + T'$$

$G = P$ olarak bulunur.

1.106. Soru



Şekil 1



Şekil 2

Şekil 1'deki makara sisteminde $\vec{G_1}$ ağırlıklı cisim $\vec{F_1}$ kuvvetiyle, Şekil 2'deki makara sisteminde $\vec{G_2}$ ağırlıklı cisim ise $\vec{F_2}$ kuvvetiyle dengelenmiştir. Sürtünmeler ve makara ağırlıkları ihmal edildiğine göre

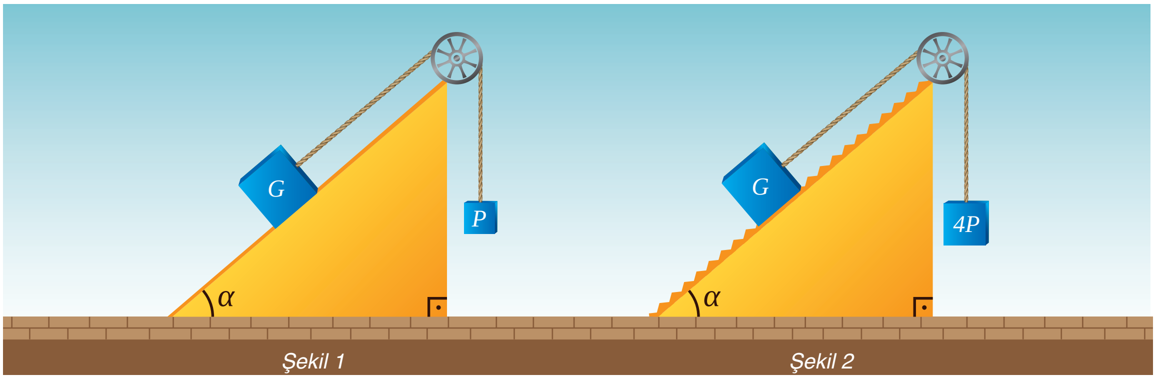
a) Sistemlerin kuvvet kazancı değerleri Şekil 1'de KK_1, Şekil 2'de KK_2 ise KK_1 / KK_2 oranı kaçtır?

b) Cisimlerin h kadar yukarıya çıkarılması durumunda $\vec{F_1}$ kuvvetiyle ipin çekilme miktarı x_1 ve $\vec{F_2}$ kuvvetiyle ipin çekilme miktarı x_2 olduğuna göre $\frac{x_1}{x_2}$ oranı kaçtır?

c) Şekil 2'deki sistemde makara ağırlıkları G_1 büyüklüğünde olsaydı cismin h kadar yukarıya çıkarılması için ipin kaç h çekilmesi gerektiğini bulunuz.

Cevap

1.107. Soru

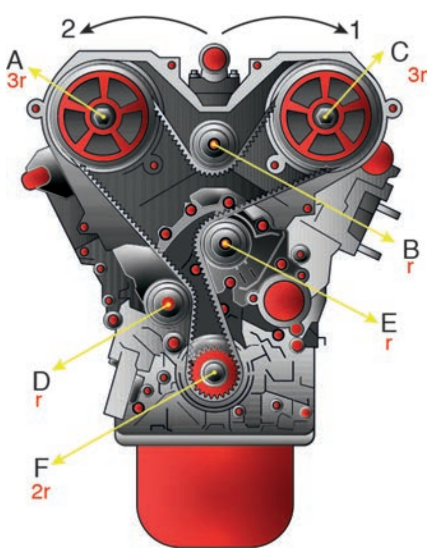


Sürtünmeleri ihmal edilen Şekil 1'deki sistem, G ve P büyüklüğündeki ağırlıklarla dengelenmiştir. Aynı eğik düzlem Şekil 2'deki gibi sadece yüzeyi sürtünmeli hâle getirilmiştir. Bu durumda ağırlık büyüklüğü G olan cisim, ağırlık büyüklüğü 4P olan başka bir cisimle dengelenmiştir.

Buna göre sürtünmeli eğik düzlemin verimi yüzde kaçtır? *(Eğik düzlemler yere sabitlenmiştir.)*

Cevap

1.108. Soru



Şekildeki motor sisteminde merkezleri sisteme sabitlenmiş çark ve kasnaklar ile 1 ve 2 dönüş yönleri verilmiştir. Tabloda çark ve kasnakların isimleri, yarıçapları ile A çarkının dönme yönü ve tur sayısı verilmiştir.

Tabloda boş bırakılan diğer çark ve kasnakların dönme yönü ve tur sayılarını yazınız.

Çark veya Kasnağın İsmi	Çark veya Kasnağın Yarıçapı	Çark veya Kasnağın Dönme Yönü	Çark veya Kasnağın Tur Sayısı
A	3r	2	1
B	r		
C	3r		
D	r		
E	r		
F	2r		

1.10.3. HAYATI KOLAYLAŞTIRMAK AMACIYLA BASİT MAKİNELERDEN OLUŞAN GÜVENLİ BİR SİSTEM TASARIMI

Bu çalışmada sizlerden günlük hayatta bir işi daha kolay yapmayı sağlayan ve basit makineden oluşan bir sistem tasarlamanız beklenmektedir. Hazırladığınız özgün tasarımları ilgili kurumlarla paylaşabilir, fizik proje yarışmalarına katılabilir ve patent alabilirsiniz.

PROJE

Proje Adı	**MAKİNE YAPIYORUZ**	1 Ay
Amacı	Hayatı kolaylaştırmak amacıyla basit makinelerden oluşan güvenli bir sistem tasarlayabilme.	

Bu çalışmada sizlerden günlük hayatta bir işi daha kolay yapabilmek için basit makineden oluşan bir sistem tasarlamanız beklenmektedir. Bu projeyi gerçekleştirirken aşağıdaki aşamalara dikkat ediniz.

1. Proje çalışmanız için en az beş kişilik bir grup oluşturunuz.
2. Grup arkadaşlarınızla proje için gerekli çalışmaların planlamasını yapınız.
3. Planlama doğrultusunda grubunuzla eşit görev paylaşımı yapınız.
4. Basit makine sistemlerinin kullanıldığı alanlarda iş sağlığı ve güvenliğini artırıcı ne tür tedbirlerin alınması gerektiğine yönelik araştırma yapınız.
5. Sistem tasarımı yaparken almanız gereken iş sağlığı ve güvenliği önemlerini belirleyerek çalışma boyunca bu önlemlere uyunuz.
6. Projenizi hazırlarken güvenilir kaynaklardan bilgi toplayınız.
7. Araştırmalarınızdan yola çıkarak taslak oluşturunuz.
8. Tasarımda kullanacağınız malzemelerin listesini yaparak bunları temin ediniz. Bu araç gerecin atık malzemelerden yapılmış olmasına özen gösteriniz.
9. Geliştirdiğiniz taslağı göz önünde bulundurarak makinenizi tasarlayınız.
10. Tasarladığınız makinenizi test ediniz. Tasarımınızın iş kolaylığı sağlamasına dikkat ediniz.
11. Elde ettiğiniz ürününüzde yapmanız gereken değişiklikler varsa bunları belirleyip değişiklikleri gerçekleştiriniz.
12. Projenizi tanıtmak için bilişim teknolojilerini kullanarak sunum, broşür ya da bir poster hazırlayınız.

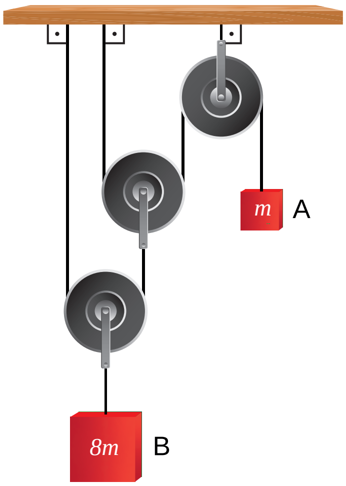
Değerlendirme: *Proje hazırlama sürecinde grup çalışması becerilerinizi değerlendirmek için grup çalışması becerileri ölçeğini kullanınız.*

Aşağıda grup çalışması becerileri ile ilgili ifadeler bulunmaktadır. Her bir maddeyi dikkatlice okuyunuz ve sizi en iyi tanımlayan seçeneği ✓ işaretleyiniz.

1 Asla | 2 Nadiren | 3 Bazen | 4 Sık sık | 5 Her zaman anlamına gelmektedir.

	Grup çalışmalarında	1	2	3	4	5
1.	Grup üyelerine duygusal destek sağlamaya çalışırım.					
2.	Programa bağlı kalmanın ne kadar önemli olduğunu hatırlatmaya çalışırım.					
3.	Grup üyelerinin duygularına karşı duyarlı olmaya çalışırım.					
4.	Ortaya atılan fikirlerden strateji oluşturmaya çalışırım.					
5.	Grup üyelerine karşı ilgili davranmaya çalışırım.					
6.	Her bir grup üyesinin rolünü açıkça belirlemeye çalışırım.					
7.	Grup üyeleriyle iletişim kurarken açık ve yapıcı olmaya çalışırım.					
8.	Bir strateji doğrultusunda grup üyelerinin fikirlerini geliştirmeye çalışırım.					
9.	İhtiyaç duyduklarında grup üyelerine yardımcı olmaya çalışırım.					
10.	Kararlaştırılan amaçlar doğrultusunda grubun gelişimini değerlendirmeye çalışırım.					

FİNAL SORUSU



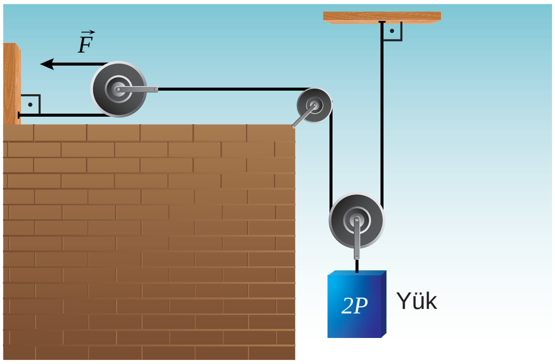
İp ve makara ağırlıklarının ihmal edildiği sistemde kütleleri sırasıyla m ve 8m olan A ve B cisimleri şekildeki gibi bağlanmıştır.

Sistem serbest bırakılırsa B cisminin ivmesi kaç m/s² olur?

(g = 10 m/s² alınız. Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

10. BÖLÜM ÇALIŞMA SORULARI

1. Soru



Ağırlığı 2P büyüklüğünde olan yük, $\vec{F}$ kuvveti ile şekildeki gibi dengede tutulmaktadır.

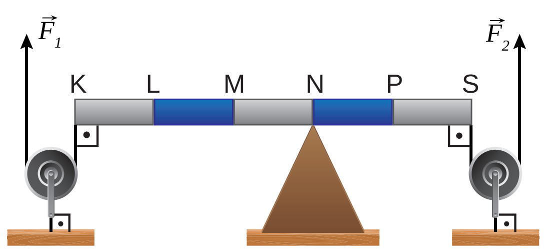
Buna göre

a) F kuvvetinin büyüklüğü kaç P olur?

b) $\vec{F}$ kuvvetinin uygulandığı ip yatayda 4 m çekilirse yük kaç m yükselir?

(Makaraların ağırlığını ve sürtünmeleri ihmal ediniz.)

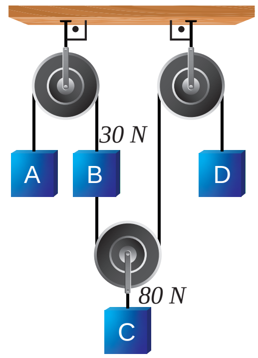
2. Soru



Sürtünmelerin ihmal edildiği şekildeki sistemde eşit bölmeli ve ağırlığı ihmal edilen homojen çubuk, $\vec{F_1}$ ve $\vec{F_2}$ kuvvetleri ile dengelenmiştir.

F_1 = 6 N olduğuna göre F_2 kuvvetinin büyüklüğünü bulunuz.

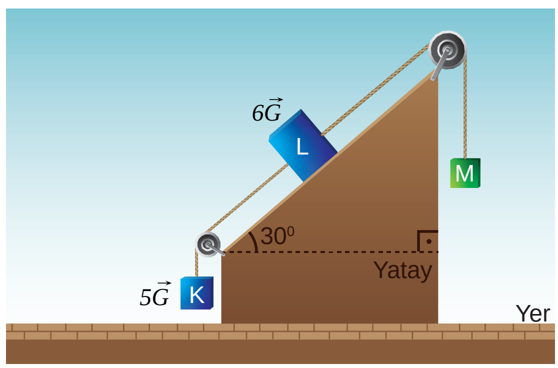
3. Soru



Sürtünmelerin ihmal edildiği şekildeki makara sistemi A, B, C ve D cisimleri ile dengededir. Sistemdeki makaralar özdeş ve her biri 10 N büyüklüğünde ağırlığa sahiptir.

B ve C cisimlerinin ağırlıklarının büyüklüğü sırasıyla 30 N ve 80 N olduğuna göre A ve D cisimlerinin ağırlıklarının büyüklüğü kaç N olur?

4. Soru



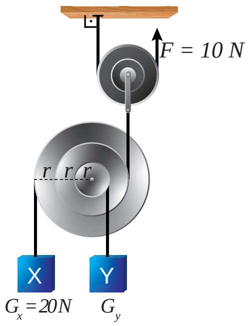
Sürtünmelerin ihmal edildiği sistemde bulunan K,L ve M cisimleri şekildeki gibi dengededir.

K ve L cisimlerinin ağırlıkları sırasıyla 5G ve 6G büyüklüğünde olduğuna göre M cisminin ağırlığı kaç G'dir?

($\sin 30° = \frac{1}{2}$ alınız.)

Devam ediyor.

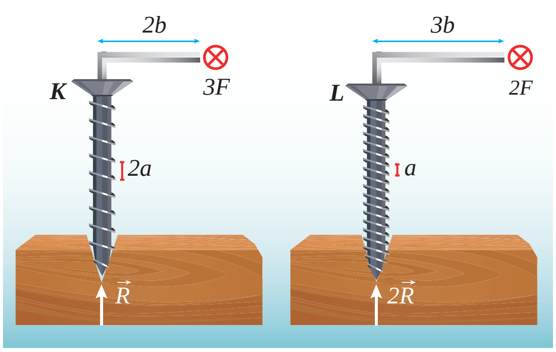
5. Soru



Şekildeki çıkrık sisteminde 3r yarıçaplı silindire ağırlığı 20 N büyüklüğünde olan X cismi, r yarıçaplı silindire ise Y cismi asılmıştır. Bu cisimler 2r yarıçaplı silindire bağlı, ağırlığı ihmal edilen makara ve F = 10 N büyüklüğündeki kuvvet ile dengelenmiştir.

Buna göre Y cisminin ağırlığı kaç N olur?

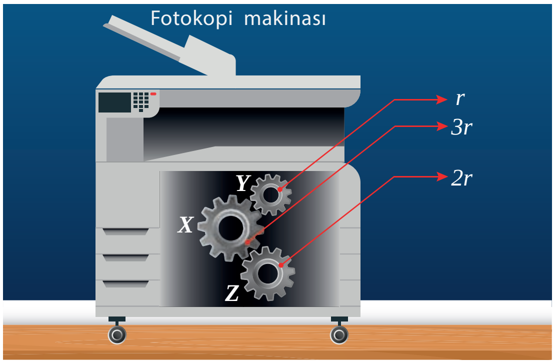
6. Soru



Vida adımları 2a ve a olan K ve L vidalarını, büyüklükleri 2F ve F olan kuvvetler ancak döndürebiliyor. K vidası 3 N tur döndürüldüğünde h_K, L vidası 2 N tur döndürüldüğünde h_L kadar ileriyor. K ve L vidalarına etki eden direnç kuvvetleri sırasıyla $\vec{R}$ ve $2\vec{R}$ dir.

Buna göre $\frac{h_K}{h_L}$ oranı kaçtır?

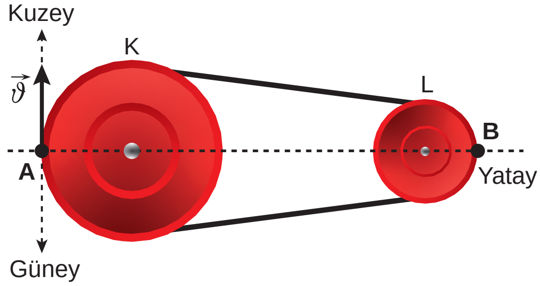
7. Soru



Şekildeki fotokopi makinesinin içerisindeki X, Y ve Z çarklarının yarıçapları sırasıyla 3r, r ve 2r'dir.

X çarkının 1 tur dönmesi durumunda Y çarkının tur sayısının (n_Y) Z çarkının tur sayısına (n_Z) oranı $\frac{n_Y}{n_Z}$ kaçtır?

8. Soru



Şekildeki K ve L kasnakları bir kayış yardımıyla birbirine bağlıdır. K kasnağı saat yönünde dönerken kayış üzerindeki A noktasının hızı kuzey yönünde ϑ büyüklüğündedir.

B noktasının A noktasına göre hızı hangi yönde ve kaç ϑ'dir?

1. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1-10. sorulardaki boş bırakılan yerleri uygun kavramlarla tamamlayınız.

1. İki vektör arasındaki açı arttıkça .... vektörün büyüklüğü azalır.

2. Bir hareketi tanımlamak için belirlenen sabit noktaya veya sisteme .... ya da .... adı verilir.

3. Cisim üzerindeki .... sıfır ise cisim hızlanma veya yavaşlama hareketi yapmaz.

4. Günlük hayatta araba ve uçak gibi araçlar, maksimum ya da minimum hıza ulaşıncaya kadar .... hareket yapar.

5. Yatay doğrultuda uçan bir karganın ağzındaki cevizi kırmak için onu belirli bir yükseklikten bırakması .... atış hareketine örnek verilebilir.

6. Dr. Canan Dağdeviren tarafından geliştirilen giyilebilir kalp pili .... enerjisini .... enerjisine dönüştürüp bunu depolayabilen bir çalışma prensibine sahiptir.

7. Dış kuvvetin etkisinin olmadığı yalıtılmış bir sistemde iki veya daha fazla parçacık etkileştiğinde .... toplam çizgisel momentumdur.

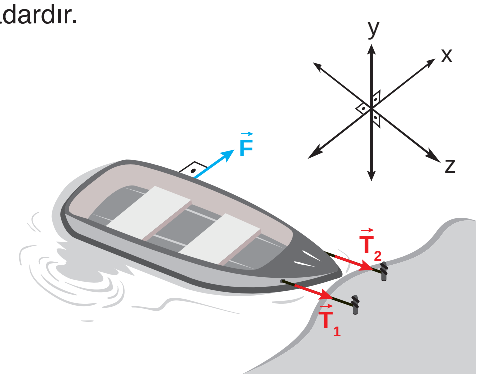
8. Kuvvet cisimler üzerinde şekil, yön ve hız değişikliği etkilerini yapabileceği gibi .... etkisi de oluşturabilir.

9. Bir sistem üzerindeki kuvvetlerin bileşkesini .... kuvvet sistemin de dengede olmasını sağlar.

10. Basit makineler iş yapma kolaylığı sağlarken işin yapılması için harcanan enerjiden .... sağlamaz.

11-20. çoktan seçmeli soruları okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

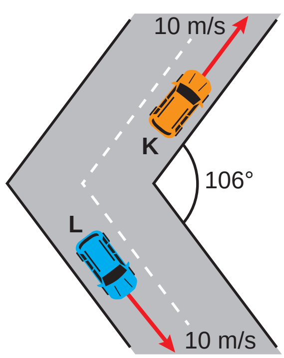
11. Durgun su üzerinde duran bir kayık, ağırlığı ihmal edilen ve esnemeyen iplerle kıyıya bağlıdır. Kayığa etki eden rüzgâr kuvvetinin büyüklüğü F = 8 N ve iplerin gerilme kuvvetleri sırasıyla 2 ve 4 N kadardır. Kayığa etki eden durgun suyun kaldırma kuvveti kayığın ağırlığı kadardır.



Rüzgâr kuvveti x ekseninde ve iplerin gerilme kuvvetleri z ekseninde olduğuna göre kayığa etki eden bileşke kuvvetin büyüklüğü kaç N olur?

A) 6 B) 8 C) 10 D) 14 E) 16

12. Verilen K ve L araçlarının bulunduğu yollar arasındaki açı 106°dir.

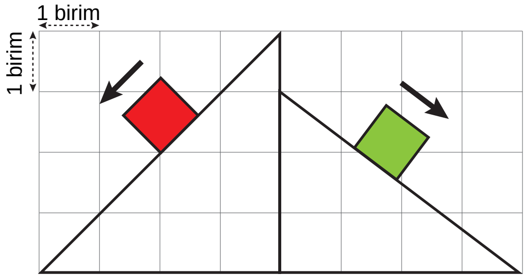


Araçların hız büyüklükleri sabit ve 10 m/s olduğuna göre K aracındaki bir gözlemci L aracının hız büyüklüğünü kaç m/s olarak görür?

(sin 53° = 0,8; sin 37°= 0,6 alınız.)

A) 10 B) 12 C) 14 D) 16 E) 20

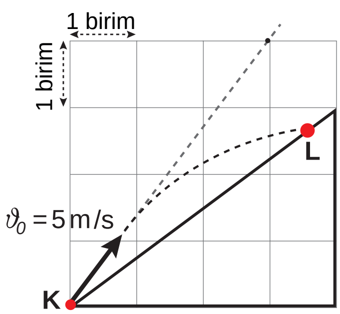
13. Kesitten görüntüsü verilen eğik düzlemlerdeki cisimler sabit hızlarla hareket etmektedir.



Eğik düzlem yüzeylerinin sürtünme katsayıları sırasıyla k_1 ve k_2 olduğuna göre k_1/k_2 oranı kaçtır?

A) 3/4 B) 1 C) 4/3 D) 2 E) 3

14. Eğik düzlemin K noktasından ilk hız büyüklüğü 5 m/s olacak şekilde atılan bir cisim, verilen yörüngeyi izleyerek L noktasına çarpıyor.

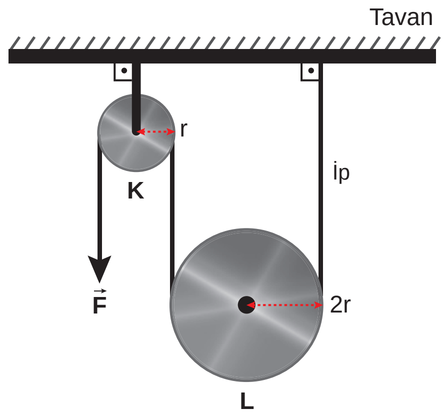


Buna göre cisim atıldıktan kaç saniye sonra L noktasına çarpar?

(g = 10 m/s² alınız.)

A) 0,35 B) 0,7 C) 0,9 D) 1,2 E) 1,3

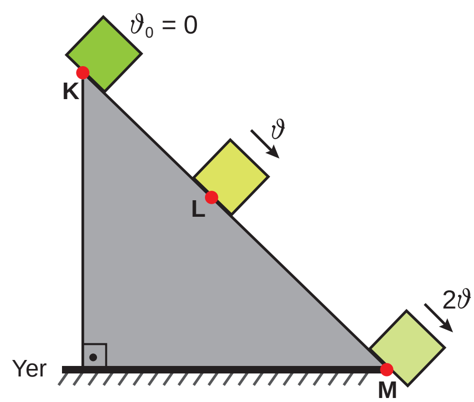
15. Sırasıyla r ve 2r yarıçaplı sabit K ve hareketli L makaraları, esnemeyen bir ip yardımıyla birbirlerine bağlıdır.



İp F büyüklüğündeki kuvvetle çekildiğinde L makarası 1 tur döndüğüne göre bu süre boyunca K makarası kaç tur döner?

A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 6

16.

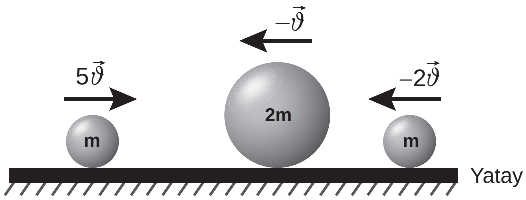


Sürtünmelerin ihmal edildiği bir eğik düzlemde K noktasından serbest bırakılan bir cisim, L noktasından ϑ ve M noktasından 2ϑ hız büyüklükleri ile geçtiğine göre K noktasının yerden yüksekliğinin L noktasının yerden yüksekliğine oranı kaçtır?

(Cisim M noktasında yere ulaşmaktadır.)

A) $\frac{1}{2}$ B) $\frac{2}{3}$ C) $\frac{4}{3}$ D) $\frac{5}{3}$ E) 2

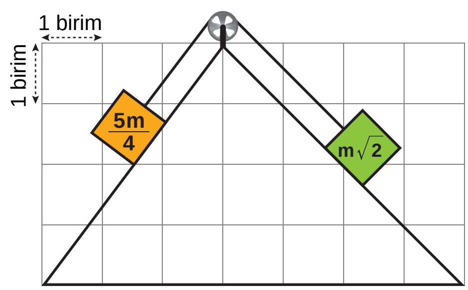
17. Sırasıyla m, 2m ve m kütleli üç cismin hızlarının büyüklükleri 5ϑ, ϑ ve 2ϑ'dir.



Yatay ve sürtünmesi ihmal edilen zeminde cisimlerin aynı anda çarpışıp yapışmaları durumunda ortak hızının büyüklüğü kaç ϑ olur?

A) $\frac{1}{5}$ B) $\frac{1}{4}$ C) $\frac{1}{3}$ D) $\frac{1}{2}$ E) 1

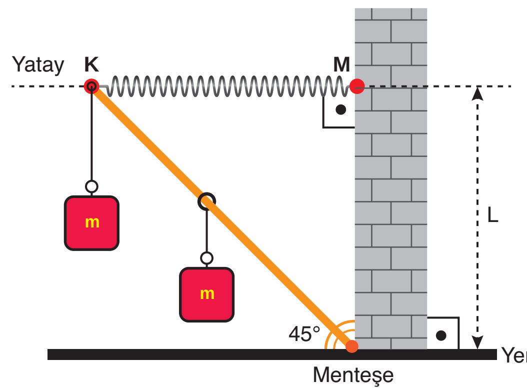
18.



Sürtünmesi ihmal edilen bir ortamda esnemeyen iple birbirine bağlı $\frac{5m}{4}$ ve $m\sqrt{2}$ kütleli cisimler serbest bırakıldığında ipteki gerilme kuvvetinin büyüklüğü kaç mg olur?

A) $\frac{5}{2}$ B) 2 C) $\frac{3}{2}$ D) 1 E) $\frac{1}{2}$

19. Ağırlığı ihmal edilen bir çubuk; m kütleleri, yerdeki menteşe ve yatay doğrultudaki esnek bir yay yardımıyla dengededir. Yayın bir ucu şekildeki gibi K noktasına, diğer ucu ise duvar üzerindeki M noktasına sabitlenmiştir. M noktasının yerden yüksekliği L ve çubuğun yatayla arasındaki açı 45°dir.



m kütleli cisimlerden biri K noktasına, diğeri çubuğun ortasına asıldığına göre yaydaki gerilme kuvvetinin büyüklüğü kaç mg olur?

A) 3 B) $\frac{5}{2}$ C) 2 D) $\frac{5}{3}$ E) $\frac{3}{2}$

20. Hava sürtünmelerinin ihmal edildiği ortamda Begüm, 30 m/s ilk hızla topu yatay olarak atmaktadır.

Topun atıldığı anda yerden yüksekliği 80 m olduğuna göre

I. Uçuş süresi 3 saniyedir.
II. Menzil uzaklığı 60 metredir.
III. Yere çarptığında hızının büyüklüğü 50 m/s'dir.

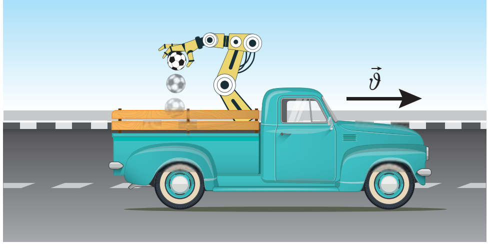
yargılarından hangileri doğrudur?

($g = 10\ m/s^2$ alınız.)

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) I, II ve III

21-22. soruları ilgili metin ve görselden faydalanarak cevaplayınız.

21.



Sürtünmelerin ihmal edildiği ortamda sabit $\vec{\vartheta}$ hızı ile hareket eden bir aracın kasasında araca göre durgun olan robot kol, elindeki topu kasanın içinde tutarak serbest bırakmaktadır.

Buna göre aşağıdaki durumların gerçekleşip gerçekleşemeyeceğini yere ve araca göre gerekçelendirerek açıklayınız.

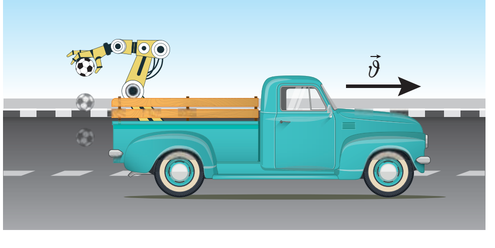
a) Top, serbest düşme hareketi yapıp aracın kasasına çarpar.

b) Top, aracın kasasına çarpıp tekrar robot kolun eline gelir.

c) Robot kol, topu serbest düşmeye bırakmadan önce topun yere göre hızı sıfırdır. Robot kol, topu serbest düşmeye bıraktıktan sonra bu hız değeri değişmez.

ç) Robot kolun elindeki topa etki eden net kuvvet her an değişmektedir.

22.



Sürtünmelerin ihmal edildiği ortamda sabit $\vec{\vartheta}$ hızı ile hareket eden bir aracın kasasında araca göre durgun olan robot kol, elindeki topu kasanın dışında tutarak serbest bırakmaktadır.

Buna göre aşağıdaki durumların gerçekleşip gerçekleşemeyeceğini yere ve araca göre gerekçelendirerek açıklayınız.

a) Robot kol, topu serbest bıraktıktan sonra top yere çarpar ve araca göre eğik atış hareketi yaparak tekrar robot kolun eline gelir.

b) Robot kol, topu serbest bıraktıktan sonra top yere çarpana kadar geçen süreçte topun çizgisel momentum değişimi, top yere çarptıktan sonra tekrar robot kolun eline gelene kadar geçen süreçteki çizgisel momentum değişimine eşittir.

c) Topun yere çarpıp tekrar robot kolun eline gelme sürecinde topun mekanik enerjisi değişmez.

Diğer ünite sonu ölçme ve değerlendirme soruları için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

Etkileşimli ölçme ve değerlendirme soruları için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

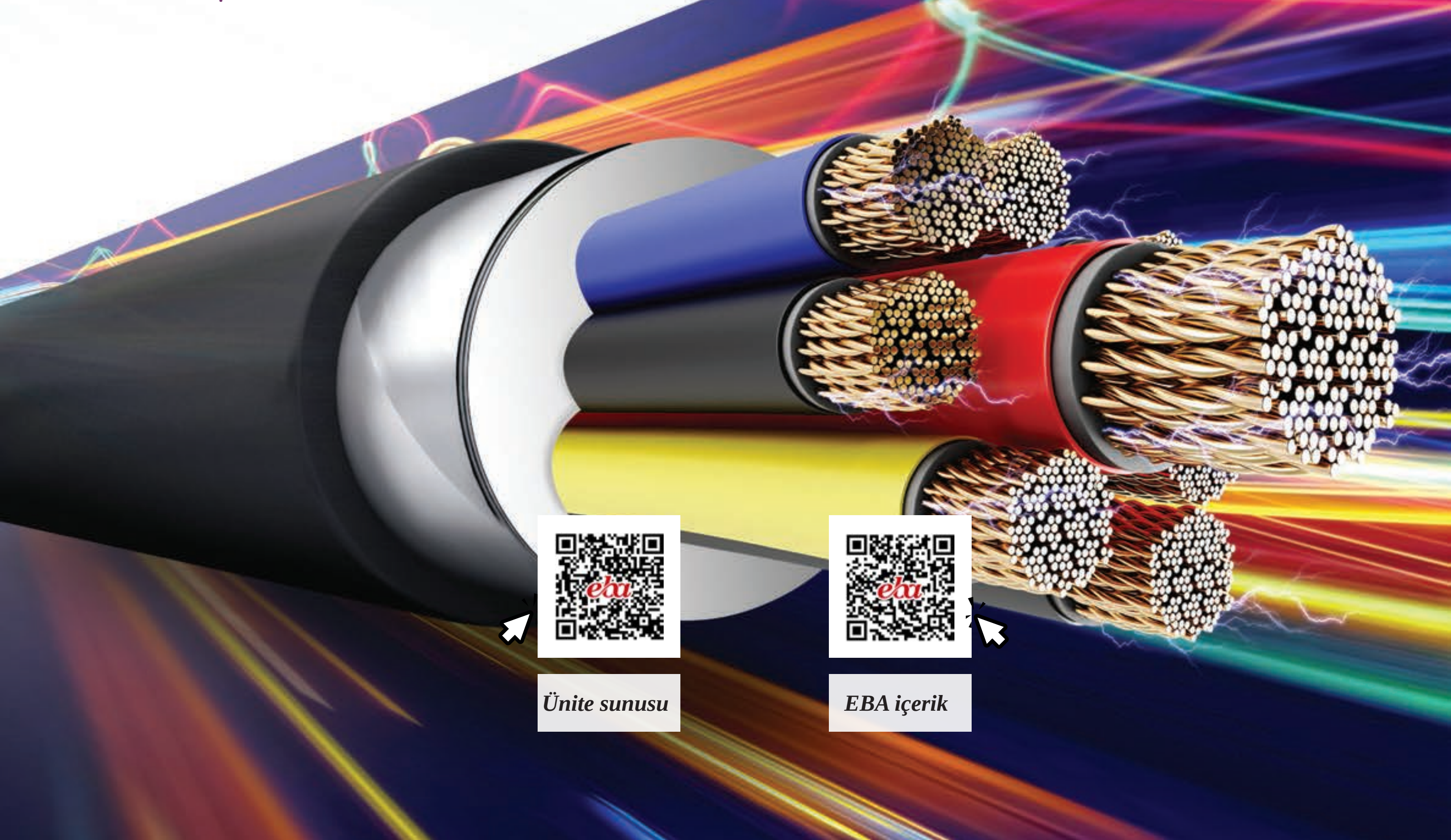
2. Ünite

ELEKTRİK VE MANYETİZMA

ANAHTAR KAVRAMLAR

- Elektriksel Kuvvet
- Elektrik Alan
- Elektriksel Potansiyel Enerji
- Elektriksel Potansiyel
- Elektriksel Potansiyel Farkı
- Sığa (Kapasite)
- Sığaç (Kondansatör)
- Manyetik Alan
- Manyetik Kuvvet
- Manyetik Akı
- Elektromotor Kuvveti
- Alternatif Akım
- İndüktans
- Kapasitans
- Empedans
- Rezonans
- İndüksiyon Akımı
- Öz-İndüksiyon Akımı
- Transformatör

KONULAR



Ünite sunusu

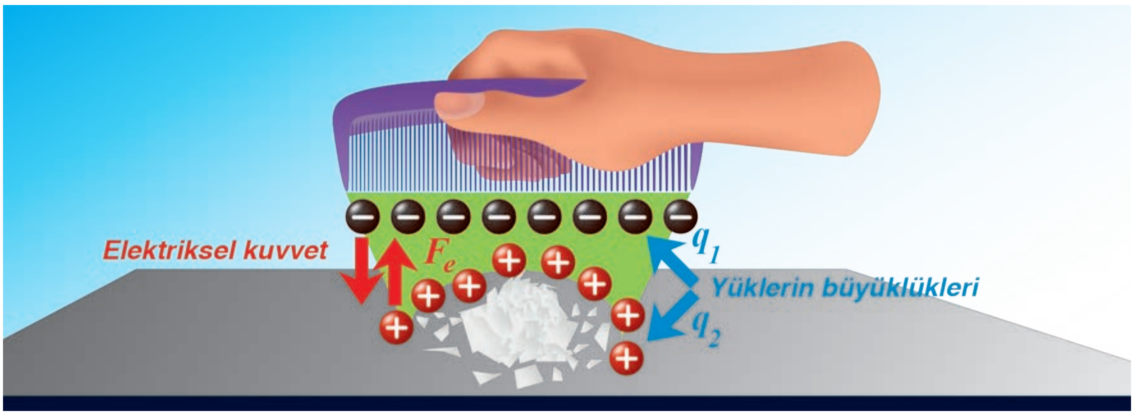
EBA içerik

2.1. ELEKTRİKSEL KUVVET VE ELEKTRİK ALAN

HAZIR MISINIZ?

ETKİ ALANI

Doğada bulunan kuvvetler, temas gerektiren ve temas gerektirmeyen kuvvetler olarak ikiye ayrılır. Sürtünme kuvveti ve kaldırma kuvveti temas gerektiren kuvvetlere; yer çekimi kuvveti, elektriksel kuvvet ve manyetik kuvvet temas gerektirmeyen kuvvetlere örnek verilebilir. Bunlar arasından yer çekimi kuvveti, yeryüzündeki tüm cisimlere her koşulda etki eder. Basketbol oynayan bir kişinin elinden çıkan topun basket potasından geçerek yere düşünceye kadar yer çekiminden etkilendiğini biliriz.



Yün kazağa sürtülen plastik tarağın kâğıt parçalarına uyguladığı elektriksel kuvvet, yer çekimi kuvvetinden farklı olarak yükler arasında olan ve temas gerektirmeyen bir kuvvettir. Yüklü cisimler, aynı tür yükle yüklenmişlerse aralarında itme kuvveti oluşur, farklı türden yüklü cisimlerse birbirlerine çekme kuvveti uygular.

Bilim insanları iki cismin arasında fiziksel temas olmamasına rağmen cisimlerin birbirlerine uyguladıkları kuvvetlerin varlığını tespit etmişlerdir. Buna göre yüklü bir cisim kendisini çevreleyen alanda elektriksel bir etki meydana getirir. Alan içerisinde bulunan diğer yüklü nesneler bu alandan etkilenir.

1. soru: Elektrik yüklerinin aralarındaki mesafeye rağmen nasıl etkileştiklerini metne göre açıklayınız.

....

....

....

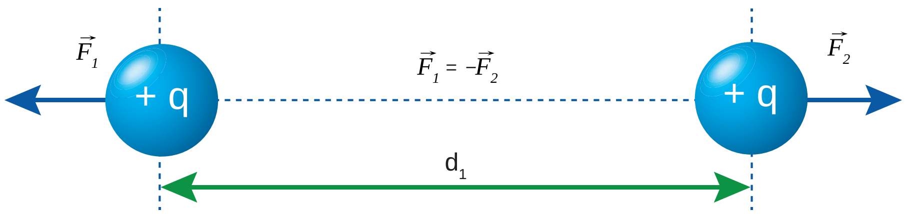
2. soru: Biri + diğeri - yüke sahip küresel iki cisme etki eden yer çekimi kuvvetini ve elektriksel kuvveti, cisimler üzerinde vektörler yardımıyla çizerek gösteriniz.

MERAK UYANDIRAN SORULAR

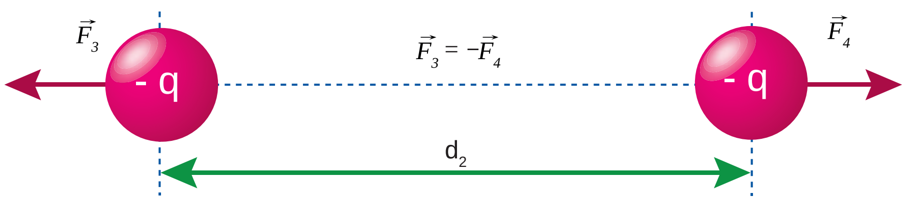
Coulomb (Kılomb), elektriksel kuvvetin varlığını hangi düzenekle belirlemiştir? Bu düzeneğin çalışma prensibi nedir?

2.1.1. ELEKTRİKSEL KUVVET (COULOMB YASASI)

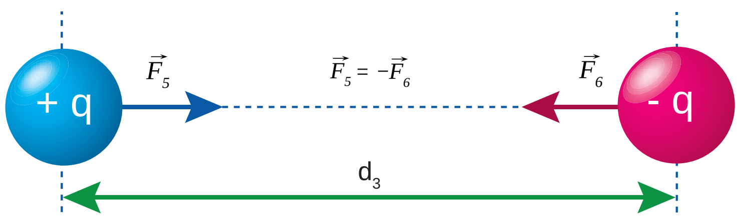
Pozitif (+) veya negatif (-) yüklü cisimler, yüklerinin cinsine bağlı olarak birbirlerine itme ya da çekme kuvveti uygular. Şekil 2.1.a ve b'de aynı cins yükle yüklü cisimlerin birbirlerine uyguladıkları itme kuvvetleri ve Şekil 2.1.c'de farklı cins yükle yüklü cisimlerin birbirlerine uyguladıkları çekme kuvvetleri gösterilmektedir. Newton'ın Üçüncü Hareket Yasası'na göre yüklü iki küresel cismin merkezlerini birleştiren doğru üzerinde eşit büyüklükte ve zıt yönde oluşan bu kuvvete **elektriksel kuvvet** adı verilir.



***a)** Pozitif yüklerin birbirlerine uyguladıkları elektriksel kuvvet*



***b)** Negatif yüklerin birbirlerine uyguladıkları elektriksel kuvvet*



***c)** Pozitif ve negatif yüklerin birbirlerine uyguladıkları elektriksel kuvvet*

***Şekil 2.1:** Yüklü cisimler arasındaki elektriksel kuvvetler*

9. UYGULAMA

Boş bir kâğıda yerde duran bir küre çiziniz. Yerdeki kürenin üzerine bir küre daha çiziniz. Çizdiğiniz kürelerin aynı cins yükle yüklü olduklarını düşünerek üzerlerindeki kuvvet vektörlerini gösteriniz.

Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

8. ETKİNLİK

Etkinlik Adı	***YÜKLÜ CİSİMLER ARASINDAKİ ELEKTRİKSEL KUVVETİN BAĞLI OLDUĞU DEĞİŞKENLER***	*30 dk.*
Amacı	*Yüklü cisimler arasındaki elektriksel kuvvetin ortam, yük miktarı ve yükler arasındaki uzaklıkla ilişkisini açıklayabilme.*	*Bireysel etkinlik*
Araç Gereç	*genel ağ bağlantılı cihaz, kâğıt, kalem*	

Yönerge: *Aşağıdaki adımları sırayla uygulayarak değerlendirme sorularını cevaplayınız.*

1. adım: Yandaki karekodu okutunuz. Karşınıza çıkan ekranda "İNCELE" butonuna basarak ilgili simülasyonu açınız.

2. adım: Ekrandaki "Makro Ölçek" seçeneğine tıklayınız.

3. adım: Ekranda bulunan "Yük 1" ve "Yük 2" yük değerlerini gösterge çubuğunu kullanarak +1μC değerine getiriniz.

4. adım: Yüklerin üzerine basılı tutarak aralarındaki mesafeyi 2 cm, 6 cm ve 10 cm olacak şekilde cetvel üzerinde konumlandırınız. Tablo 1'e q_1 yükünün q_2 üzerinde oluşturduğu etki kuvveti "q_1'nin q_2 Uyguladığı Kuvvet" değerini ve q_2 yükünün q_1 üzerinde oluşturduğu etki kuvveti "q_2'nin q_1 Uyguladığı Kuvvet" değerini yazarak tabloyu tamamlayınız.

Tablo 1

Yükler Arasındaki Uzaklık (cm)	q_1'nin q_2 Uyguladığı Kuvvet (N)	q_2'nin q_1 Uyguladığı Kuvvet (N)
2		
6		
10		

5. adım: Yüklerden birinin üzerine basılı tutarak aralarındaki mesafeyi 5 cm olacak şekilde cetvel üzerinde konumlandırınız.

6. adım: Tablo 2'de verilen yük değerlerini "Yük 1" ve "Yük 2" gösterge çubuğunu kullanarak ayarlayınız. Tablo 2'ye q_1 yükünün q_2 üzerinde oluşturduğu etki kuvveti "q_1'nin q_2 Uyguladığı Kuvvet" değerini ve q_2 yükünün q_1 üzerinde oluşturduğu etki kuvveti "q_2'nin q_1 Uyguladığı Kuvvet" değerini yazarak tabloyu tamamlayınız.

Tablo 2

Yük 1 (μC)	Yük 2 (μC)	q_1'nin q_2 Uyguladığı Kuvvet (N)	q_2'nin q_1 Uyguladığı Kuvvet (N)
+2	+2		
+2	-2		
0	-2		
-2	-2		
+4	-4		
+8	+8		

Devam ediyor.

Değerlendirme

1. Tablo 1'e göre +1μC yükle yüklenmiş iki kürenin birbirinden uzaklaştırılmasının elektriksel kuvvetin büyüklüğüne etkisi nedir? Açıklayınız.

....
....
....
....

2. Tablo 2'ye göre yüklü iki cisim arasındaki uzaklık sabit tutularak

a) Yüklerin büyüklüklerinin değiştirilmesinin elektriksel kuvvetin büyüklüğüne etkisi nedir? Açıklayınız.

....
....
....
....
....

b) Yük işaretlerinin değiştirilmesinin elektriksel kuvvetin büyüklüğüne etkisi nedir? Açıklayınız.

....
....
....
....
....

1780'de Fransız fizikçi Charles Augustin de Coulomb (Şarl Ogüsten dö Kılomb), elektriksel kuvveti etkileyen değişkenleri belirlemek amacıyla deneyler yapmıştır. Coulomb, hazırladığı deney düzeneği ile elektrik yüklü iki cismin birbirine yüklerinin çarpımı ile doğru, aralarındaki uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak itme ya da çekme kuvveti uyguladığı sonucuna varmıştır. Deney sonuçlarına göre yükler arasındaki ortam da değiştiğinde elektriksel kuvvetin büyüklüğünün değiştiğini görmüştür. Coulomb, elektriksel kuvvetin büyüklüğünü

$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$ olarak modellemiştir.

Bu modelde SI birim sisteminde F elektriksel itme ya da çekme kuvvetinin büyüklüğünün birimi newton (N), q yük miktarının birimi coulomb (C) ve d yükler arasındaki mesafenin birimi metredir (m). k coulomb sabiti olup birimi $\frac{N \cdot m^2}{C^2}$ dir.

Her ortamın kendine özgü bir elektriksel geçirgenliği vardır. Boşluğun elektriksel geçirgenliği ε_0dır. ε_0ın değeri

$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$ dir.

Coulomb sabitinin elektriksel geçirgenlik ile ilişkisini gösteren bağıntı

$k = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0}$ şeklindedir ve değeri $8,98 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ dir. Bu sabit değer yüklü cisimler arasındaki elektriksel kuvveti etkileyen bir büyüklüktür.

AKLINDA BULUNSUN

Hava ortamının elektriksel geçirgenliği, boş uzayın elektriksel geçirgenliğine eşit kabul edilir.

2.1. Örnek

Boş uzayda aralarında d kadar uzaklık bulunan q_1 ve q_2 yüklerinin birbirlerine uyguladıkları coulomb kuvvetinin büyüklüğü F kadardır.

Yükler, elektriksel geçirgenliği $5\varepsilon_0$ a eşit olan cam ortamda bulunsaydı yüklerin aynı mesafeden birbirlerine uyguladıkları coulomb kuvvetinin büyüklüğü kaç F olurdu?

Çözüm

Boş uzayda yükler arasındaki coulomb kuvveti

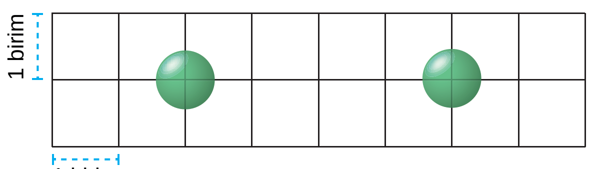
$F = k \cdot \dfrac{q_1 \cdot q_2}{d^2} = \dfrac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \dfrac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$ şeklinde yazılır.

Yükler, cam ortamda bulunduğunda

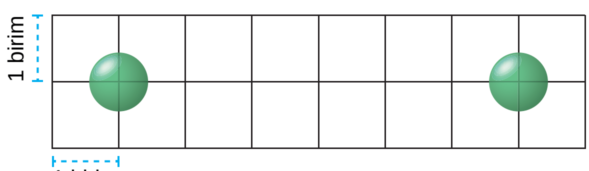
$F' = k' \cdot \dfrac{q_1 \cdot q_2}{d^2} = \dfrac{1}{4\pi \cdot 5\varepsilon_0} \dfrac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$ olur. Buna göre

$F' = \dfrac{F}{5}$ bulunur.

2.2. Örnek



Şekil 1



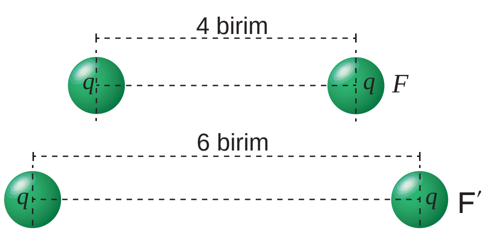
Şekil 2

Eşit büyüklükte yüklere sahip özdeş küreler, hava ortamındayken eşit bölmelendirilmiş yatay bir yüzeyde bulundukları konuma sabitlenmişlerdir. Kürelerin kütle merkezlerinin iz düşümü, bölmelerin köşe noktalarından geçmektedir.

Kürelerin Şekil 1'deki konumlarında birbirlerine uyguladıkları elektriksel kuvvetin büyüklüğü F ise Şekil 2'deki konumlarında kaç F olur?

Çözüm

Hava ortamında bulunan yüklü cisimler için elektriksel geçirgenlik aynıdır.



Yükler, cisimlerin merkezleri arasındaki uzaklık Şekil 1'de 4 birim iken Şekil 2'de 6 birimdir. Şekil 1'de birbirlerine F büyüklüğünde kuvvet uygular. Şekil 2'de F′ büyüklüğünde kuvvet uyguladıkları düşünülürse

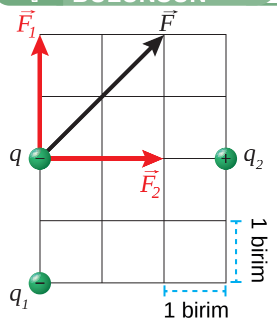
$$F = k\frac{q \cdot q}{4^2} \Longrightarrow F' = k\frac{q \cdot q}{6^2}$$

$$\frac{F}{F'} = \frac{\frac{kq^2}{16}}{\frac{kq^2}{36}} = \frac{kq^2}{16} \cdot \frac{36}{kq^2} = \frac{36}{16} = \frac{9}{4} \Longrightarrow F' = \frac{4F}{9}$$ bulunur.

MERAK UYANDIRAN SORULAR

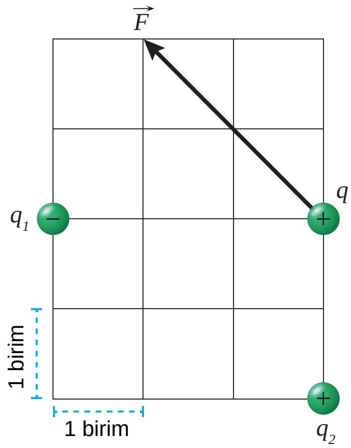
1 cm^3 hacminde, içi dolu saf bakırdan yapılmış pozitif yüklü kürelerin biri yerde iken diğerini onun hemen üzerinde temas etmeden havada askıda tutabilecek en küçük elektriksel kuvvetin yaklaşık değerinin 0,088 N olduğu kabul edilirse kürelerden birinin coulomb cinsinden yükü nedir?

AKLINDA BULUNSUN



Elektriksel kuvvetler, vektörel bir büyüklüktür. Bu nedenle yüklü bir cisme etki eden bileşke elektriksel kuvvet bulunurken vektörel işlem yapılır. q yüküne etrafında bulunan q_1 ve q_2 yükleri sırasıyla $\vec{F_1}$ ve $\vec{F_2}$ kuvveti uygulandığında q yüküne etki eden bileşke elektriksel kuvvet $\vec{F} = \vec{F_1} + \vec{F_2}$ bağıntısından bulunur.

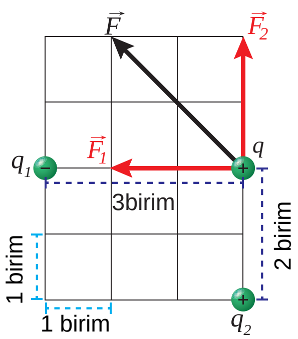
2.3. Örnek



Yatay, sürtünmesi ihmal edilmiş ve eşit bölmelendirilmiş düzlemde sabitlenmiş hâlde bulunan q_1 ve q_2 yüklerinin +q yüküne uyguladığı bileşke kuvvet F büyüklüğünde verilmiştir.

Buna göre $\frac{q_1}{q_2}$ oranını bulunuz.

Çözüm



q_1 ve q yükü arasındaki uzaklık 3 birim ve q_2 ile q yükü arasındaki uzaklık 2 birimdir. Bu yükler arasındaki elektriksel kuvvetin büyüklüğü q_1 ve q yükleri için

$$F_1 = k\frac{q_1 \cdot q}{(3)^2} = 2F \text{ (çekme kuvveti)}$$

q_2 ve q yükleri için

$$F_2 = k\frac{q_2 \cdot q}{(2)^2} = 2F \text{ (itme kuvveti) olur.}$$

Çekme kuvvetinin oluşması için q_1 ve q yükü zıt işaretli, itme kuvvetinin oluşması için q_2 ile q yükü aynı işaretli olmalıdır. Buradan q (+) yüklü olduğundan q_1 (-) ve (+) q_2 yüklü olur. Kuvvetler eşitlenirse

$$F_1 = F_2$$

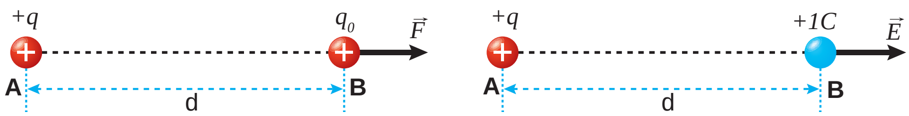
$$k\frac{q_1 \cdot q}{(3)^2} = k\frac{q_2 \cdot q}{(2)^2}$$

$$\frac{q_1}{9} = \frac{q_2}{4}$$

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{9}{4}$$ oranı bulunur.

2.1.2. NOKTASAL YÜKÜN ELEKTRİK ALANI

Coulomb Yasası, +q yükünün q_0 deneme yükünü ittiğini belirtmesine rağmen bu durumun nasıl gerçekleştiğini açıklayamamıştır. Yer çekimi kuvvetine benzer şekilde elektriksel kuvvet (coulomb kuvveti), cisimler arasında fiziksel temas olmadığında bile bir etki üretebilir. Yüklü bir cisim kendisini çevreleyen bölgede elektrik alanı oluşturur. Bu elektrik alanı içerisinde bulunan diğer yüklü cisimler bu alandan etkilenir.



***a)** +q yükünün q_0 yüküne uyguladığı elektriksel kuvvet*

***b)** +q yükünün B noktasında oluşturduğu elektrik alan*

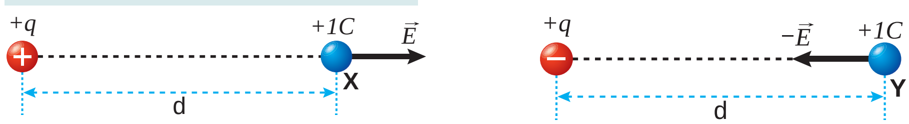
***Şekil 2.2:** Yüklü cismin diğer bir yüke uyguladığı elektriksel kuvvet ve yükün bir noktadaki elektrik alanı*

Uzayda bir noktada bulunan durgun elektrik yüküne etki eden bir kuvvet varsa o yükün bulunduğu bölgede elektrik alan vardır. A noktasındaki +q yükü d kadar uzağındaki q_0 yükü üzerinde elektriksel kuvvet oluşturur (Şekil 2.2.a). Yüklü parçacıklar arasındaki uzaklık artırılırsa kuvvetin büyüklüğü azalmaya başlar ve belli bir noktadan sonra hissedilemeyecek hâle gelir. Bir yükün elektriksel kuvvet etkisini gösterebildiği bölgeye elektrik alan denir. q_0 yükü kaldırılıp d kadar uzaktaki B noktasına +1C'luk birim yük yerleştirilirse o birim yüke etki eden elektriksel kuvvetin büyüklüğü elektrik alan şiddetine eşit olur (Şekil 2.2.b). Elektrik alan, $\vec{E}$ sembolüyle gösterilir ve vektörel bir büyüklüktür. Birimi newton/coulomb (N/C) veya volt/metre (V/m) şeklindedir.

Buna göre B noktasındaki elektrik alan $\vec{E} = \dfrac{\vec{F}}{q_0}$ olarak ifade edilir.

$F = k\dfrac{q \cdot q_0}{d^2}$ ifadesi yukarıdaki elektrik alan bağıntısında yerine yazılırsa

$$E = \frac{k\dfrac{q \cdot q_0}{d^2}}{q_0} = k\frac{q}{d^2} \longrightarrow E = k\frac{q}{d^2}$$ bulunur.



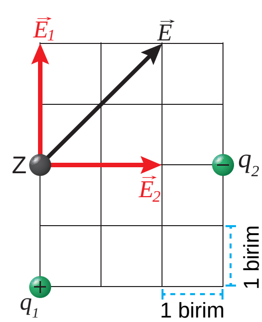
***a)** Pozitif yükün elektrik alanı*   ***a)** Negatif yükün elektrik alanı*

***Şekil 2.3:** +q ve –q yüklerinin d kadar uzakta oluşturduğu elektrik alanın yönleri*

+q yükünün kendisinden d kadar uzaktaki X noktasında oluşturduğu elektrik alanın yönü, yükten dışarıya doğrudur (Şekil 2.3.a).

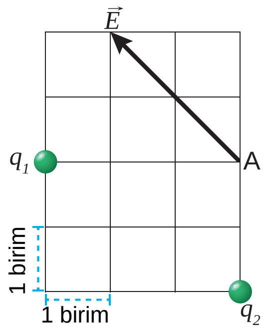
-q yükünün kendisinden d kadar uzaktaki Y noktasında oluşturduğu elektrik alanın yönü yüke doğrudur (Şekil 2.3.b).

Sistemde birden fazla yükün olması durumunda uzayın herhangi bir noktasındaki elektrik alan, her bir yükün o noktada oluşturduğu elektrik alanların vektörel toplamına eşittir. Buna göre q_1 yükünün Z noktasında oluşturduğu elektrik alan $\vec{E}_1$, q_2 yükünün Z noktasında oluşturduğu elektrik alan $\vec{E}_2$ olmak üzere Z noktasındaki elektrik alan $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ vektörel işlemi ile bulunur (Şekil 2.4).



***Şekil 2.4:** İki yükün bir noktada oluşturduğu elektrik alan*

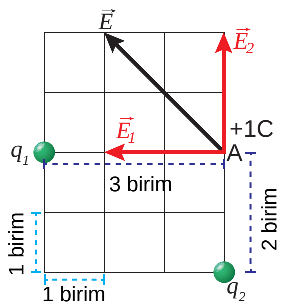
2.4. Örnek



Sürtünmesi ihmal edilmiş ve eşit bölmelendirilmiş yatay düzlemde sabitlenmiş hâlde bulunan q_1 ve q_2 yüklerinin A noktasında oluşturduğu elektrik alan, E büyüklüğünde verilmiştir.

Buna göre $\frac{q_1}{q_2}$ oranını bulunuz.

Çözüm



q_1 yükünün A noktasında oluşturduğu elektrik alan $\vec{E_1}$ ve $q_2$nin $\vec{E_2}$ ise

$$E_1 = 2E = k \cdot \frac{q_1}{(3)^2}$$

$$E_2 = 2E = k \cdot \frac{q_2}{(2)^2}$$ yazılır.

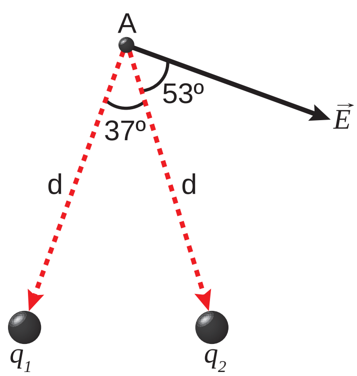
$E_1 = E_2$ olduğundan

$k \cdot \frac{q_1}{9} = k \cdot \frac{q_2}{4}$ elde edilir.

$\frac{q_1}{q_2} = \frac{9}{4}$ bulunur.

Elektrik alan vektörünün şekildeki gibi olabilmesi için A noktasındaki +1C'luk yükü q_1 yükü çekmeli, q_2 yükü itmelidir. Bundan dolayı q_1 negatif, q_2 pozitif yüklüdür.

2.1. Soru



Bulundukları konuma sabitlenmiş q_1 ve q_2 noktasal yüklerinin A noktasında oluşturduğu elektrik alanın büyüklüğü E olarak verilmiştir.

Yüklerin A noktasına olan uzaklıkları d olduğuna göre $\frac{q_1}{q_2}$ oranı kaçtır?

(sin 37° = cos 53°= 0,6; sin 53°= cos 37° = 0,8 alınız.)

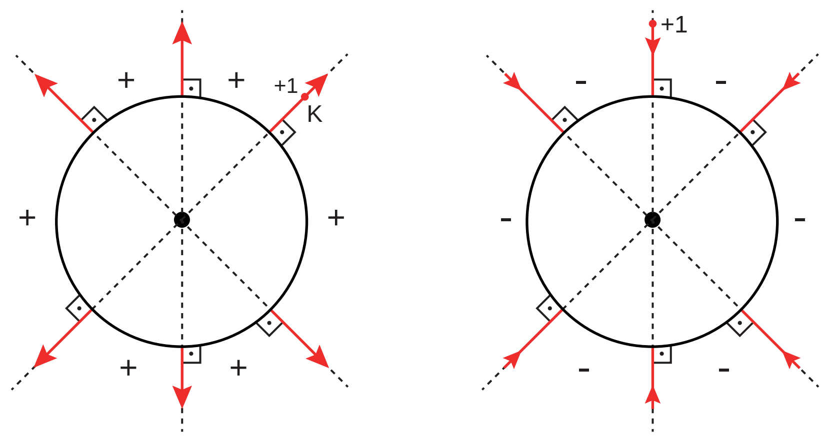
Cevap

Elektrik Alan Çizgileri

Elektrik alan çizgileri, gözle göremediğimiz elektrik alan kavramını daha somut hâle getirmek için oluşturulan modellemedir. Herhangi bir noktadaki elektrik alana teğet bir çizgi çizildiği hayal edildiğinde elektrik alan çizgileri oluşturulur. Elektrik alan çizgileri kavramı ile ilk olarak Michael Faraday (Maykıl Feredey) ilgilenmiştir. Faraday, elektrik alan çizgilerini kuvvet çizgileri olarak tanımlamışsa da günümüzde bu kavram yerini elektrik alan çizgilerine bırakmıştır.

Elektrik alan çizgilerinin gösterimi, yükün işaretine ve büyüklüğüne göre farklılık gösterir. Elektrik alan çizgilerinin sıklığı, elektrik alanın büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Bir yükün çevresini saran elektrik alan, üç boyutlu olmasına rağmen kolaylık sağladığı için iki boyutta çizimleri kullanılır.

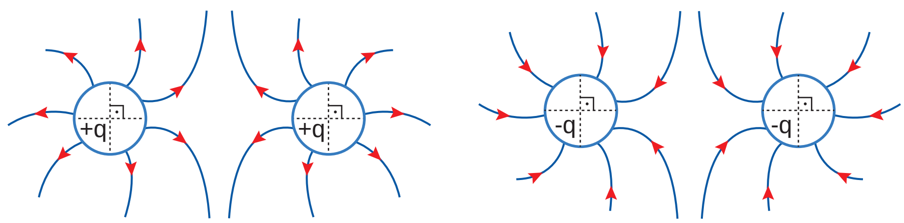
Şekil 2.5'te yüklü bir kürenin çevresindeki elektrik alan çizgileri gösterilmiştir.



a) (+) yüklü kürenin elektrik alan çizgileri　*b) (-) yüklü kürenin elektrik alan çizgileri*

Şekil 2.5: *Yüklü kürelerin elektrik alan çizgileri*

Şekil 2.6'da aynı cins elektrik yükü ile yüklü kürelerin elektrik alan çizgileri gösterilmiştir.

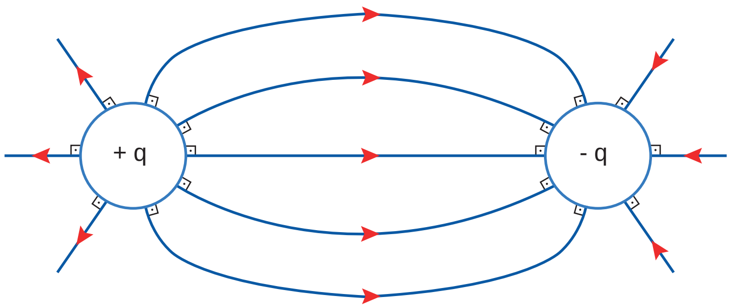


a) Pozitif yüklerin elektrik alan çizgileri　*b) Negatif yüklerin elektrik alan çizgileri*

Şekil 2.6: *Aynı cins elektrik yükü ile yüklü kürelerin elektrik alan çizgileri*

Elektrik alan çizgileri birbirlerini kesmez ve küre yüzeyine dik olarak yönelir.

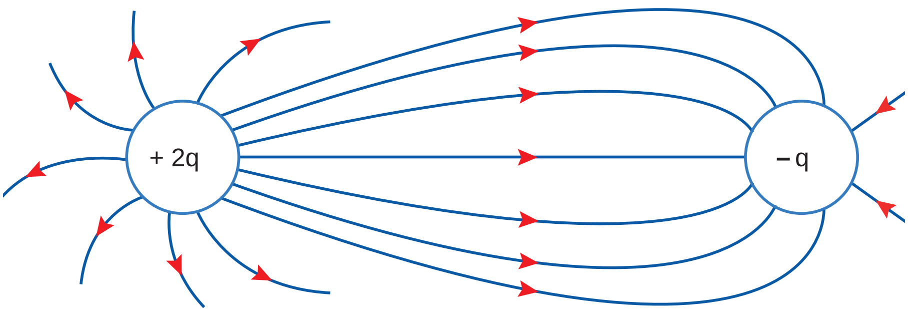
Şekil 2.7'de farklı cins elektrik yükü ile yüklü kürelerin elektrik alan çizgileri gösterilmiştir.



Şekil 2.7: *Farklı cins elektrik yükü ile yüklü kürelerin elektrik alan çizgileri*

Elektrik alan çizgilerinin pozitif yükten negatif yüke doğru yöneldiği kabul edilir.

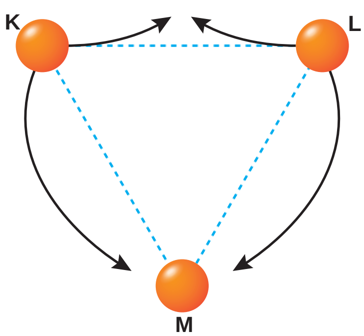
Şekil 2.8'de işareti ve yük büyüklüğü farklı iki kürenin elektrik alan çizgileri gösterilmiştir.



Şekil 2.8: *İşareti ve yük büyüklüğü farklı iki kürenin elektrik alan çizgileri*

+2q yüklü küreden çıkan elektrik alan çizgilerinin ancak yarısı – q yüklü kürede sonlanır. Kalan çizgiler sonsuzda olduğu varsayılan başka bir yükte son bulur.

2.2. Soru



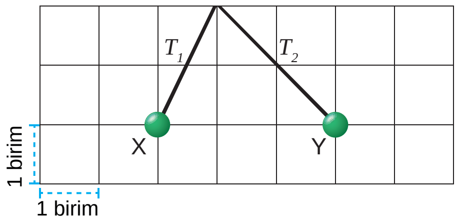
Bir eşkenar üçgenin köşelerine sabitlenmiş K, L ve M noktasal yüklerinin etrafında oluşturduğu elektrik alan çizgilerinden bazıları verilmiştir.

Buna göre bu yüklerin yük işaretlerini belirtiniz.

Cevap

2.1.3. NOKTASAL YÜKLERDE ELEKTRİKSEL KUVVET VE ELEKTRİK ALANI İLE İLGİLİ HESAPLAMALAR

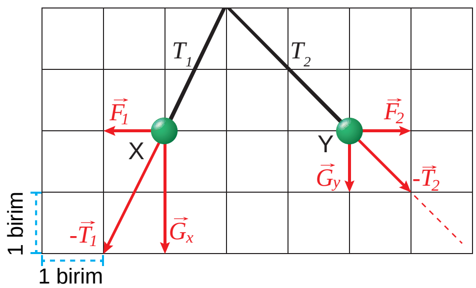
2.5. Örnek



Yüklü X ve Y cisimleri, ağırlığı ihmal edilen ve esnemeyen ipler yardımıyla eşit bölmelendirilmiş düşey düzlemde dengededir.

İplerin gerilme kuvvetlerinin büyüklükleri oranı $\frac{T_1}{T_2}$ kaçtır?

Çözüm



Sistem dengede olduğundan yüklü X ve Y cisimlerinin birbirine uyguladıkları elektriksel kuvvetlerin büyüklüğü eşit olmalıdır. İplerdeki gerilme kuvveti vektörlerinin doğrultusu, iplerin doğrultusunda olmak zorunda olduğundan vektörel işlem yapıldığında

$-\vec{T_1} = \vec{F_1} + \vec{G_x}$ ve $-\vec{T_2} = \vec{F_2} + \vec{G_y}$

işleminden $-\vec{F_1} = \vec{F_2}$ olduğundan $2 \cdot \vec{G_y} = \vec{G_x}$ olur. Vektörlerin uzunluklarını büyüklükleri ile orantılı alırsak

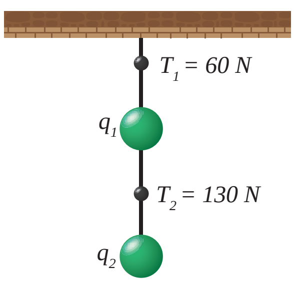
$G_x = 2\ birim$ $\quad G_y = 1\ birim$

$F_1 = 1\ birim$ $\quad F_2 = 1\ birim$

$T_1 = \sqrt{5}\ birim$ $\quad T_2 = \sqrt{2}\ birimdir.$ Buradan

$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{5}{2}}$ bulunur.

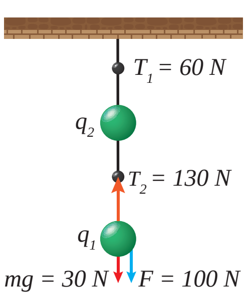
2.6. Örnek



q_1 ve q_2 yüklü özdeş cisimler, ağırlığı ihmal edilen yalıtkan iplerle düşey eksende asılarak dengelenmiştir. Bu durumda iplerdeki T_1 ve T_2 gerilme kuvvetlerinin büyüklükleri sırasıyla 60 N ve 130 N kadardır.

Sadece yükleri birbirine bağlayan ipin boyu iki katına çıkarılırsa iplerdeki gerilme kuvvetlerinin büyüklükleri kaç N olur?

Çözüm



Tavana bağlı ipteki gerilme kuvveti, sadece cisimlerin ağırlığına bağlıdır. Bundan dolayı ip gerilmesi 60 N olduğundan yüklü cisimlerin her birinin ağırlığı 30 N olur. F kuvvetinin büyüklüğü

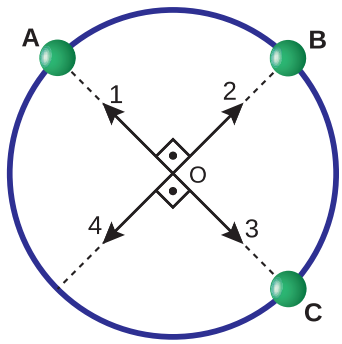
$T_2 = F + mg \implies 130 = F + 30 \implies F = 100\ N$ bulunur.

Yükler arasındaki ipin uzunluğu 2 katına çıkarılırsa F kuvvetinin büyüklüğü $\frac{F}{4}$ olur.

Cisimlerin ağırlığı değişmediğinden $T_1' = T_1 = 60\ N$ kadardır.

$T_2' = \frac{F}{4} + mg \implies T_2' = 25 + 30 = 55\ N$ bulunur.

2.3. Soru



Merkezi O noktası ve yarıçapı 1 m olan bir çember üzerinde A, B ve C noktalarına sabitlenmiş özdeş küreler verilmiştir.

Kürelerin yük miktarları q_A, q_B ve q_C olmak üzere O noktasına bırakılan +q yüklü bir cismin sürtünmelerin ihmal edildiği ortamda

a) $q_A = +q$, $q_B = 0$ ve $q_C = +q$

b) $q_A = +q$, $q_B = +q$ ve $q_C = +q$

c) $q_A = +q$, $q_B = -q$ ve $q_C = +q$

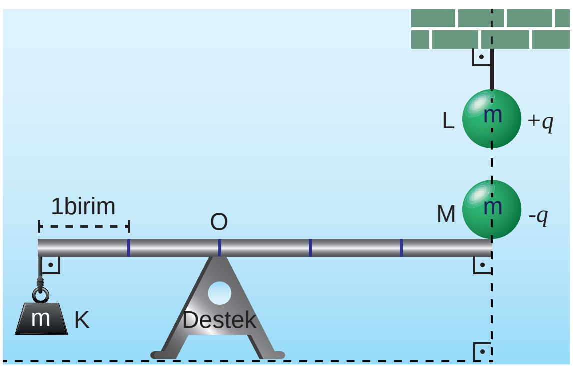
ç) $q_A = -q$, $q_B = 0$ ve $q_C = +q$

d) **$q_A = +q$, $q_B = 0$ ve $q_C = -q$ olması durumunda verilen 1, 2, 3 ve 4 numaralı hareket yönlerinden hangi yönde hareket edeceğini belirtiniz.**

e) **A, B ve C cisimlerinin yük miktarları 1 C olsaydı O noktasındaki elektrik alanın büyüklüğü ve yönü ne olurdu? Hesaplayınız.** *($k = 9 . 10^9$ N. m² / C² alınız.)*

Cevap

2.4. Soru

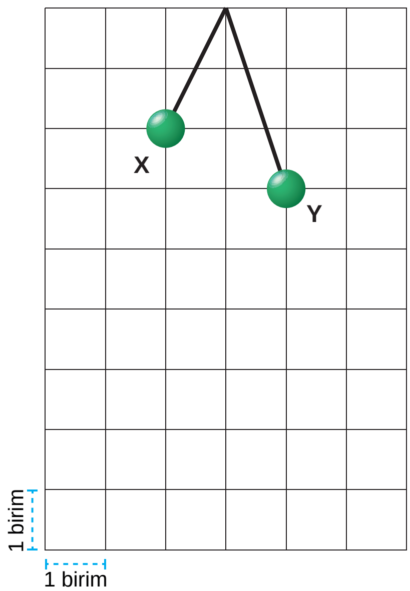


Ağırlığı ihmal edilen eşit bölmelendirilmiş bir çubuk; m kütleli K, L, M cisimleri ile O noktasındaki destek yardımıyla dengeye getirilmiştir.

K, L ve M cisimlerinin yükleri sırasıyla nötr, +q ve -q olduğuna göre bu cisimlerin birbirine uyguladığı elektriksel kuvvet kaç mg olur?

Cevap

FİNAL SORUSU

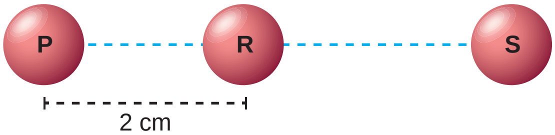


Yüklü X ve Y cisimleri, ağırlığı ihmal edilen ve esnemeyen ipler yardımıyla eşit bölmelendirilmiş düşey düzlemde dengededir.

Cisimlerin kütlelerinin oranı $\frac{m_x}{m_y}$ kaçtır?

1. BÖLÜM ÇALIŞMA SORULARI

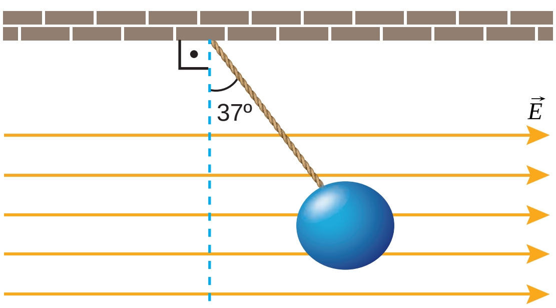
1. Soru



Sürtünmesi ihmal edilen yatay düzlemde bulunan elektrik yüklü P, R ve S küresel parçacıklarından P ve S şekildeki konumlarında sabitlendiğinde R küresi, bulunduğu konumda dengede kalmaktadır.

P ve R kürelerinin merkezleri arasındaki uzaklık 2 cm, P ve S kürelerinin yükleri oranı $\frac{q_P}{q_S} = \frac{1}{9}$ olduğuna göre R ve S kürelerinin merkezleri arasındaki uzaklık kaç cm'dir?

2. Soru

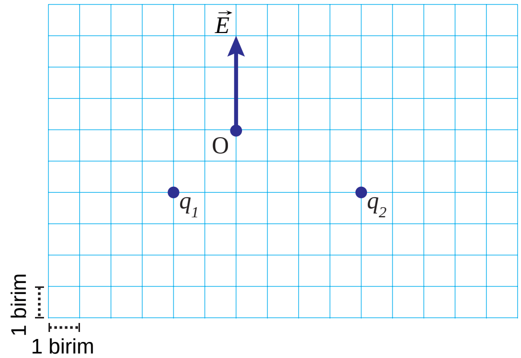


Yalıtkan ve esnemeyen iple düşey düzlemde asılı küresel parçacığın yükü 10 μC'dur. Parçacık, yatay doğrultudaki düzgün bir elektrik alan içerisine girdiğinde şekildeki gibi dengede kalıyor.

İpteki gerilme kuvvetinin büyüklüğü 10 N olduğuna göre elektrik alanın büyüklüğünü hesaplayınız.

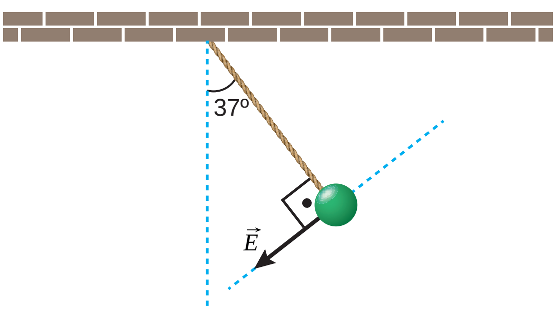
(sin37° = 0,6; cos37° = 0,8; g =10 m/s² alınız.)

3. Soru



Sürtünmesi ihmal edilen yatay düzlemde bulunan q_1 ve q_2 noktasal yüklerinin O noktasında oluşturduğu elektrik alan $\vec{E}$ olduğuna göre yüklerin büyüklükleri oranı $\frac{q_1}{q_2}$ kaçtır?

4. Soru



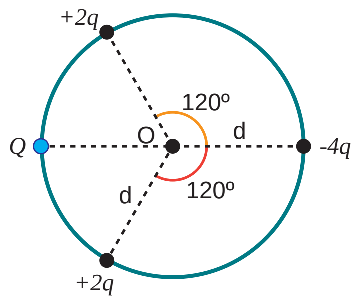
5 kg kütleli yüklü cisim, düşey düzlemde esnemeyen ve ağırlığı ihmal edilen bir ip yardımıyla dengededir. Cisim, şekilde yönü verilen $E = 10^6$ N/C büyüklüğünde düzgün bir elektrik alan bölgesindedir.

İp, düşeyle 37° açı yaptığına göre cismin yükü kaç C'dur?

(sin37° = 0,6; cos 37° = 0,8; g = 10 m/s² alınız.)

Devam ediyor.

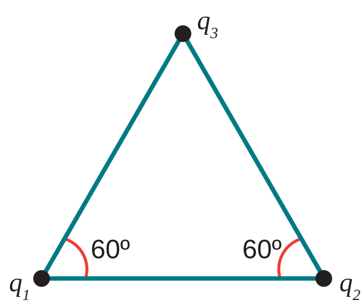
5. Soru



Sürtünmesi ihmal edilen yalıtılmış düzlemdeki +2q, -4q, +2q ve Q yükleri O noktasına d kadar uzaklıktadır.

O noktasındaki elektrik alanın büyüklüğünün sıfır olması için Q yükü kaç q olmalıdır?

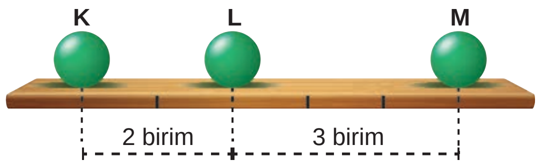
6. Soru



Sürtünmelerin ihmal edildiği düzlemde kenar uzunluğu 10 cm olan bir eşkenar üçgenin köşelerine $q_1 = -4 \cdot 10^{-7}$ C, $q_2 = +4 \cdot 10^{-7}$ C ve $q_3 = +1 \cdot 10^{-7}$ C yükleri yerleştirilmiştir.

q_3 yüküne etki eden bileşke kuvvetin büyüklüğü kaç N olur? *($k = 9 \cdot 10^9$ N m² / C² alınız.)*

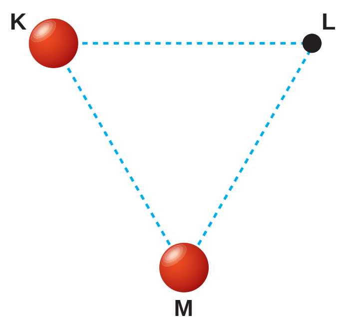
7. Soru



Sürtünmesi ihmal edilen eşit bölmeli bir masa üzerindeki yüklü ve özdeş K, L ve M cisimlerinden K ve M masaya sabitlendiğinde L cismi hareketsiz kalıyor.

Buna göre K cisminin yük miktarının M cisminin yük miktarına oranı kaçtır?

8. Soru



Bir eşkenar üçgenin köşelerine merkezlerinden sabitlenmiş K ve M küresel cisimlerinin yük büyüklükleri eşittir.

K cisminin L noktasında oluşturduğu elektrik alan büyüklüğü E olduğuna göre L noktasındaki elektrik alan büyüklüğünün olabilecek <u>en büyük</u> değerinin <u>en küçük</u> değerine oranı kaçtır?

2.2. ELEKTRİKSEL POTANSİYEL

HAZIR MISINIZ?

YILDIRIM



Yıldırım, bulut ile yer arasında meydana gelen yüksek gerilimli bir elektrik boşalmasıdır. Yıldırımın meydana gelebilmesi için bulut ve yerin farklı elektrik yüklerine sahip olması ve belirli bir potansiyel farka erişmesi gerekmektedir. Genellikle bulutun yere yakın olan bölümleri negatif, yer ise pozitif yüklü elektriğe sahiptir. Bazı koşullarda bunun tersi de olabilir. Bulutla yer arasındaki potansiyel farkı artarak belirli bir değere eriştiğinde, hava iletken olmamasına rağmen hava içerisinde iletken bir kanal oluşur ve elektriksel boşalma başlar, yani yıldırım meydana gelir. Yıldırım olayı, her ne kadar yıldırım düşmesi olarak bilinse de bulut ile yer arasındaki negatif ve pozitif elektrik yüklerinin pozisyonlarına göre bazen buluttan yere doğru, bazen de yerden buluta doğru olmaktadır.(...)

*Genel ağdan kısaltılarak alınmıştır.**

1. soru: Günlük hayattan yıldırım olayına benzer bir örnek vererek olayı kısaca açıklayınız.

....

....

....

....

2. soru: Pillerin + ve – kutbunun olması ile yıldırım oluşması arasında benzerlik var mıdır? Açıklayınız.

....

....

....

(*) Metin, yazıldığı dönemin yazım ve noktalama kurallarına sadık kalınarak alınmış olup günümüz yazım ve noktalama kurallarına göre değişiklik yapılmamıştır.

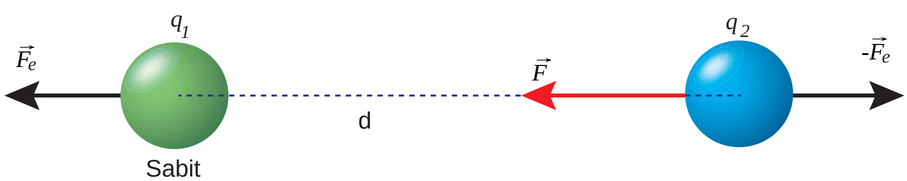
2.2.1. NOKTASAL YÜKLER İÇİN ELEKTRİKSEL POTANSİYEL ENERJİ, ELEKTRİKSEL POTANSİYEL, ELEKTRİKSEL POTANSİYEL FARKI VE ELEKTRİKSEL İŞ

A) Elektriksel Potansiyel Enerji

Bir cisim yerden bir miktar yukarıya kaldırıldığında cisim üzerinde yer çekimi kuvvetine karşı iş yapılır. Yapılan bu iş, cisme yer çekimi potansiyel enerjisi kazandırır. Aynı cisim çıkarıldığı yükseklikten serbest bırakıldığında bu sefer de yer çekimi kuvveti cisim üzerinde iş yapar. Bu durumda cismin yer çekim potansiyel enerjisi azalırken kinetik enerjisi artar.

Benzer bir olay yaylardaki esneklik potansiyel enerjisi için de geçerlidir. Yay, dışarıdan bir kuvvet uygulanarak sıkıştırıldığında üzerinde iş yapılır ve yayda esneklik potansiyel enerjisi depolanır. Yay serbest bırakıldığında ise bu esneklik potansiyel enerjisi hareket enerjisine dönüşür.

Elektriksel yükler arasında da benzer bir durumdan bahsedilebilir. Şekil 2.9'da + yüke sahip q_1 ve q_2 yükleri birbirlerini elektriksel kuvvet ile itmektedir. q_1 yükü sabit tutularak q_2 yükü bir dış kuvvet $(\vec{F})$ yardımıyla q_1 yüküne yaklaştırılırsa elektriksel kuvvete karşı iş yapılmış olur. Yapılan bu iş, yükler arasında potansiyel enerji olarak depolanır.



Şekil 2.9: *Yüklü cisimler arasındaki elektriksel kuvvetler*

Noktasal bir elektrik yükünün potansiyel enerjisi, çevresindeki diğer yüklerin çekme veya itme kuvvetlerinden kaynaklanır. Bu durumda ortaya çıkan enerjiye **elektiriksel potansiyel enerji** denir.

Elektriksel potansiyel enerji skaler bir büyüklüktür ve E_p sembolü ile gösterilir. Elektriksel potansiyel enerjinin SI birim sisteminde birimi jouledür (J).

Elektriksel potansiyel enerji, yüklerin büyüklükleri ile doğru ve yükler arasındaki uzaklık (d) ile ters orantılıdır. Şekil 2.9'daki gibi q_1 ve q_2 yükünün birbirlerine göre elektriksel potansiyel enerjilerinin büyüklükleri eşittir.

$E_p = k\dfrac{q_1 \cdot q_2}{d}$ ($q_1$in q_2 yüküne göre elektriksel potansiyel enerjisi)

$E_p = k\dfrac{q_2 \cdot q_1}{d}$ ($q_2$nin q_1 yüküne göre elektriksel potansiyel enerjisi)

Bu eşitliklerde k coulomb sabiti olup değeri $9 \cdot 10^{-9}$ $N \cdot m^2/C^2$dir. q_1 ve q_2 yükünden oluşan sistemin elektriksel potansiyel enerjisi bu bağıntılardan herhangi biri kullanılarak bulunabilir.

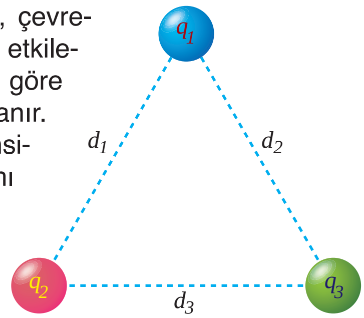
AKLINDA BULUNSUN

Noktasal iki yük arasındaki uzaklık sonsuz kabul edilirse yüklerin birbirine göre elektriksel potansiyel enerji değerleri de sıfır olarak alınır.

! DİKKAT

Elektriksel potansiyel enerji skaler bir büyüklük olduğundan yükler, işaretleri ile birlikte işleme dâhil edilir. Sonucun pozitif çıkması elektriksel potansiyel enerjinin arttığını, negatif çıkması azaldığını gösterir. Elektriksel kuvvetlere karşı iş yapıldığında sistemin elektriksel potansiyel enerjisi artarken elektriksel kuvvet iş yaptığında sistemin elektriksel potansiyel enerjisi azalır.

Şekil 2.10'daki gibi noktasal bir yükün, (q_1), çevresinde bulunan birden fazla noktasal yük ile etkileşim yaptığı durumlarda çevresindeki yüklere göre elektriksel potansiyel enerjisi ayrı ayrı hesaplanır. Noktasal q_1 yükünün toplam elektriksel potansiyel enerjisi bu hesaplamaların cebirsel toplamı sonucunda elde edilir.



Şekil 2.10: *Birden fazla noktasal yükün bulunduğu bir sistem*

q_1 yükünün elektriksel potansiyel enerjisi

$$E_p = k\frac{q_1 \cdot q_2}{d_1} + k\frac{q_1 \cdot q_3}{d_2}$$

bağıntısı sonucunda elde edilir.

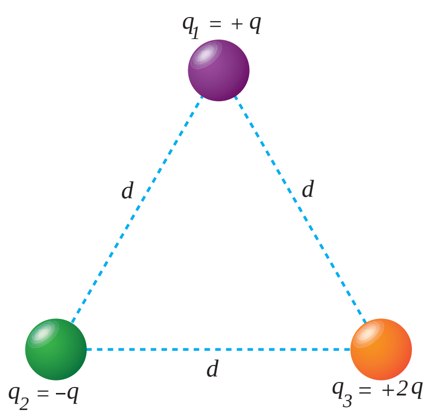
q_1, q_2 ve q_3 yüklerinden oluşan sistemin elektriksel potansiyel enerji ise yüklerin birbirlerine göre elektriksel potansiyel enerjilerinin cebirsel toplamına eşittir.

q_1, q_2 ve q_3 yüklerinin oluşturduğu sistemin elektriksel potansiyel enerjisi

$$E_p = k\frac{q_1 \cdot q_2}{d_1} + k\frac{q_1 \cdot q_3}{d_2} + k\frac{q_2 \cdot q_3}{d_3}$$

bağıntısı ile bulunur.

2.7. Örnek



Yük miktarları sırasıyla (+q), (-q) ve (+2q) olan q_1, q_2 ve q_3 yükleri yerleştirildiği konumlarda kenar uzunluğu d olan bir eşkenar üçgen oluşturmaktadır.

Yüklerin sadece birbirleriyle etkileştiği kabul edilirse

a) q_1 yükünün elektriksel potansiyel enerjisi kaç $k\frac{q^2}{d}$ olur?

b) q_1, q_2 ve q_3 yüklerinden oluşan sistemin elektriksel potansiyel enerjisi kaç $k\frac{q^2}{d}$ olur?

Çözüm

a) q_1 yükünün q_2 ve q_3 yüklerine göre elektriksel potansiyel enerjileri toplamı

$$E_p = k\frac{q_1 \cdot q_2}{d} + k\frac{q_1 \cdot q_3}{d}$$

$$E_p = k\frac{(+q)\cdot(-q)}{d} + k\frac{(+q)\cdot(+2q)}{d} = k\frac{q^2}{d}$$ olarak bulunur.

b) q_1, q_2 ve q_3 yüklerinden oluşan sistemin elektriksel potansiyel enerjisi

$$E_p = k\frac{q_1 \cdot q_2}{d} + k\frac{q_1 \cdot q_3}{d} + k\frac{q_2 \cdot q_3}{d}$$

$$E_p = k\frac{(+q)\cdot(-q)}{d} + k\frac{(+q)\cdot(+2q)}{d} + k\frac{(-q)\cdot(+2q)}{d} = -k\frac{q^2}{d}$$ bulunur.

2.5. Soru



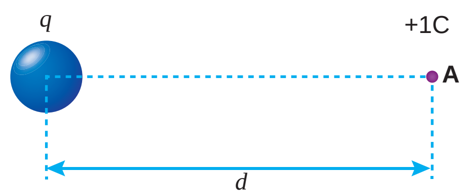
Şekildeki q_1, q_2 ve q_3 yüklerinin yük miktarları sırasıyla (+q), (+3q) ve (-4q) şeklindedir.
q_1 yükünün q_2 yüküne göre elektriksel potansiyel enerjisi E olduğuna göre sistemin elektriksel potansiyel enerjisi kaç E olur?

Cevap

B) Elektriksel Potansiyel

Şekil 2.11'deki gibi A noktasındaki +1 C değerindeki noktasal pozitif birim yükün q yüküne göre elektriksel potansiyel enerjisi

$E_p = k\dfrac{(+1)\cdot q}{d}$ bağıntısı ile bulunur.



Şekil 2.11: *q ve +1C'luk yüklerin oluşturduğu sistem*

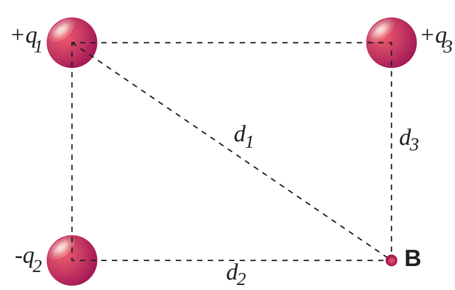
Burada A noktasındaki pozitif birim yükün sahip olduğu elektriksel potansiyel enerji, A noktasının **elektriksel potansiyeli** olarak adlandırılır. Elektriksel potansiyel, skaler bir büyüklüktür. V sembolü ile gösterilir ve SI birim sisteminde birimi volttur (V). Buna göre A noktasının elektriksel potansiyeli

$V = k\dfrac{q}{d}$ bağıntısı ile ifade edilir.

Şekil 2.12'deki B noktasının etrafında birden fazla yük var olduğundan o noktanın elektriksel potansiyeli, etrafında bulunan yüklerin o noktada oluşturdukları elektriksel potansiyellerin cebirsel toplamına eşit olur. Buna göre B noktasının elektriksel potansiyeli

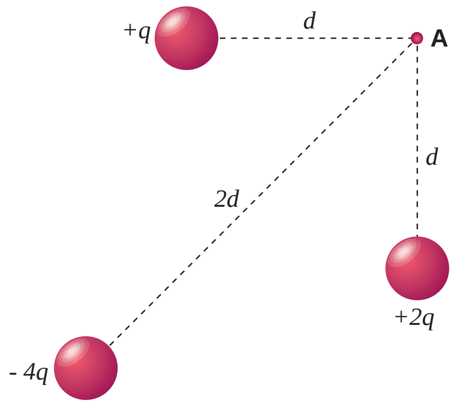
$$V_B = k\frac{q_1}{d_1} + k\frac{(-q_2)}{d_2} + k\frac{q_3}{d_3}$$

bağıntısı ile bulunur.



Şekil 2.12: *B noktası etrafındaki noktasal yükler*

2.8. Örnek



Yük miktarları +q, -4q ve +2q olan noktasal yüklerin A noktasına uzaklıkları sırasıyla d, 2d ve d olduğuna göre bu yüklerin A noktasında oluşturdukları toplam elektriksel potansiyel kaç $k\frac{q}{d}$ olur?

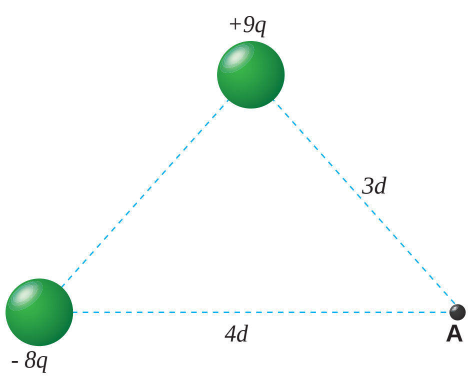
Çözüm

$V = k\frac{q}{d}$ bağıntısı kullanılarak her bir yükün A noktasında oluşturduğu elektriksel potansiyellerin toplamı

$$V_A = k\frac{+q}{d} + k\frac{(-4q)}{2d} + k\frac{+2q}{d}$$

$V_A = k\frac{q}{d}$ olarak bulunur.

2.6. Soru



Yük miktarları +9q ve -8q olan noktasal yüklerin A noktasına uzaklıkları sırasıyla 3d ve 4d olduğuna göre bu yüklerin A noktasında oluşturdukları toplam elektriksel potansiyel kaç $k\frac{q}{d}$ olur?

Cevap

C) Elektriksel Potansiyel Farkı ve Elektriksel İş

Bir yük asansörü 3. katta bulunan bir cismi 5. kata çıkardığında asansör cisim üzerinde iş yapmış olur. Bu iş, cismin yer çekimi potansiyel enerjisinde değişim meydana getirir. Benzer şekilde elektrik alan içerisinde bulunan bir elektrik yükünü bir noktadan diğerine götürürken de o elektrik yükü üzerinde iş yapılır. Elektrik yükü üzerinde yapılan bu iş **elektriksel iştir** (W). Elektrik alan içerisinde pozitif birim yükü bir noktadan diğerine götürürken yapılan elektriksel iş ise bu iki nokta arasındaki **elektriksel potansiyel farktır.** Elektriksel potansiyel fark ΔV ile gösterilir. Elektriksel iş ve elektriksel potansiyel fark arasındaki ilişki

$$\Delta V = \frac{W}{q} = \frac{\Delta E_p}{q}$$

$$\Delta E_p = W = q \cdot \Delta V$$

bağıntısı ile tanımlanabilir. Burada yapılan iş, aynı zamanda yükün bir noktadan diğerine götürüldüğünde potansiyel enerjisindeki değişime (ΔE_p) karşılık gelir. Yükün potansiyel enerjisi artarken elektriksel kuvvete karşı iş yapılır. Ancak yükün potansiyel enerjisi azalırken elektriksel kuvvet iş yapar.

Şekil 2.13'teki gibi bir q yükünün kendisine farklı uzaklıklarda bulunan A ve B noktalarından A noktasında oluşturduğu elektriksel potansiyel

$$V_A = k\frac{q}{d_1}$$

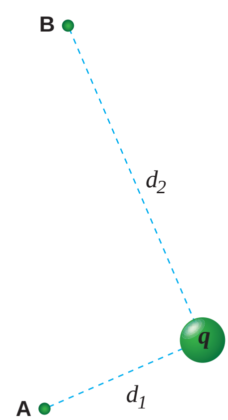
ve B noktasında oluşturduğu elektriksel potansiyel

$$V_B = k\frac{q}{d_2}$$

A ve B noktaları arasındaki elektriksel potansiyel fark

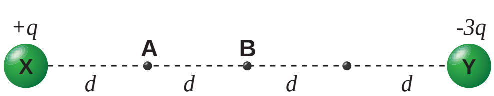
$$\Delta V_{AB} = V_B - V_A = k\frac{q}{d_2} - k\frac{q}{d_1}$$

bağıntısı ile bulunur.



Şekil 2.13: *q elektrik yükünün A ve B noktalarına olan uzaklıkları*

2.9. Örnek



Noktasal +q yüklü cisim X noktasına, -3q yüklü cisim Y noktasına şekildeki gibi sabitlenmiştir.

Noktalar arası uzaklıklar d olduğuna göre A ve B noktaları arasındaki potansiyel farkı kaç $k \cdot \frac{q}{d}$ olur?

Çözüm

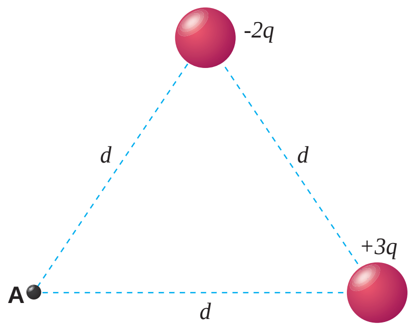
A ve B noktalarının potansiyelleri ayrı ayrı hesaplandığında

$V_A = k\frac{q}{d} + k\frac{(-3q)}{3d} = 0$ ve

$V_B = k\frac{q}{2d} + k\frac{(-3q)}{2d} = k\frac{(-2q)}{2d} = k\frac{(-q)}{d}$ bulunur. A ve B noktaları arasındaki potansiyel fark

$\Delta V_{AB} = V_B - V_A = k\frac{(-q)}{d} - 0 = -k\frac{q}{d}$ şeklinde hesaplanır.

2.10. Örnek



A noktası, kendisinden d kadar uzaktaki +3q ve -2q yüklerinin elektrik alanı içerisinde yer almaktadır. Sonsuzda bulunan bir +q yükü A noktasına getirilmektedir.

Yapılan elektriksel iş kaç $k\frac{q^2}{d}$ olur?

Çözüm

+q yükünün A noktasında potansiyeli

$$V_A = k\frac{3q}{d} + k\frac{(-2q)}{d} = k\frac{q}{d}$$

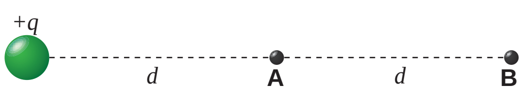
ve sonsuzdaki potansiyeli $V_\infty = 0$ olduğundan

$W = q \cdot \Delta V$ bağıntısından elektriksel iş

$$W = (+q)\cdot(V_{son} - V_{ilk}) = (+q)\cdot(V_A - V_\infty)$$

$$W = q \cdot \left(k\frac{(q)}{d} - 0\right) = k\frac{q^2}{d}$$ bulunur.

2.7. Soru



A ve B noktaları +q yükünün elektrik alanı içerisinde yer almaktadır.

Buna göre

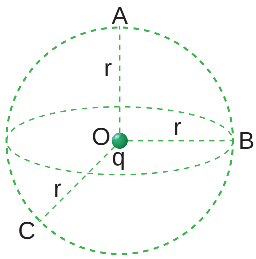
a) B ve A noktaları arasındaki elektriksel potansiyel fark (ΔV_{BA}) kaç $k \cdot \frac{q}{d}$ olur?

b) B noktasında bulunan bir +2q yükü A noktasına getirilirse elektriksel kuvvete karşı yapılan iş kaç $k\frac{q^2}{d}$ olur?

Cevap

Eş Potansiyel

Bir q yüküne eşit uzaklıkta bulunan tüm noktaların q yükünden kaynaklanan elektriksel potansiyelleri eşittir. Eşit elektriksel potansiyele sahip bu noktalara **eş potansiyel** noktaları, aynı doğrultudaki eş potansiyel noktaların birleştiği çizgiye **eş potansiyel çizgileri**, eş potansiyel noktaların oluşturduğu yüzeye de **eş potansiyel yüzeyleri** adı verilir.

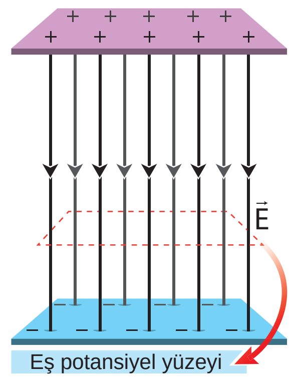


Şekil 2.14: *Bir q yükü ve q yüküne eşit uzaklıkta bulunan A, B, C noktaları*

Şekil 2.14'teki gibi bir q yüküne r uzaklıkta bulunan eş potansiyel noktalarının oluşturduğu eş potansiyel yüzey, r yarıçaplı küre yüzeyidir.

Şekil 2.15'te düzgün bir elektrik alan içerisinde elektrik alana dik olan düzlem üzerindeki tüm noktaların elektriksel potansiyeli eşittir. Bundan dolayı düzlemin kendisi bir eş potansiyel yüzeyi oluşturur. Eş potansiyel yüzeyler daima elektrik alana diktir.

Eş potansiyel yüzeyi boyunca yüklü bir cisim bir noktadan diğerine götürülse dahi cismin elektriksel potansiyeli değişmeyeceğinden cisim üzerinde yapılan iş sıfır olur.



Şekil 2.15: *Düzgün elektrik alan içerisinde çizilen bir eş potansiyel yüzeyi*

Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

2.2.2. DÜZGÜN BİR ELEKTRİK ALAN İÇİNDE İKİ NOKTA ARASINDAKİ POTANSİYEL FARKI

Konu ile ilgili simülasyon için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

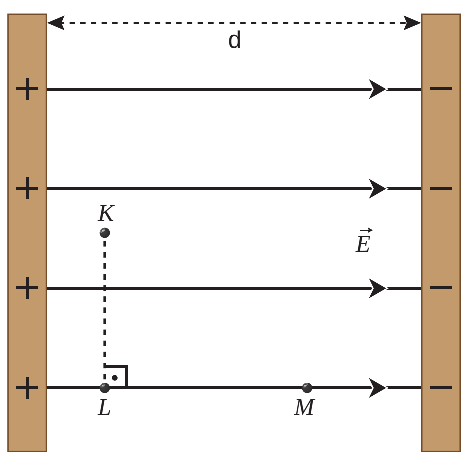
Yerden h kadar yüksek bir noktada bulunan cisim, yerden yüksekliği değiştirilmeden başka bir noktaya taşınırsa yer çekim potansiyel enerjisi değişmez. Cisim, yerden 2h yükseklikte bir noktaya götürülürse yer çekim potansiyel enerjisi değişir. Bu durumda cisim için iki nokta arasında yer çekimi potansiyel enerjisi farkı oluşur.

Düzgün bir elektrik alan içinde iki nokta arasında potansiyel fark da bu duruma benzerdir. Örneğin Şekil 2.16'da K ve L noktaları eş potansiyel noktalarıdır ve aralarında potansiyel farkı bulunmaz. L ve M noktalarının arasında ise potansiyel farkı vardır. Bu potansiyel farkı

$V_{LM} = V_M - V_L$

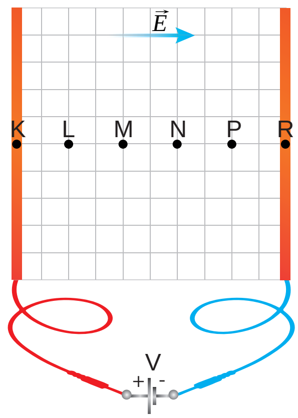
bağıntısı ile bulunur. K ve L eş potansiyel noktalar olduğundan

$V_{LM} = V_{KM}$ olur.



Şekil 2.16: *Düzgün elektrik alan içinde bulunan K, L, M noktaları*

2.8. Soru



Sürtünmelerin ihmal edildiği yatay düzlemde iletken iki levha arasına üreteç bağlanarak düzgün bir elektrik alan oluşturulmuştur. Bu elektrik alan içerisinde K ve L noktaları arasındaki potansiyel fark 10 V şeklindedir.

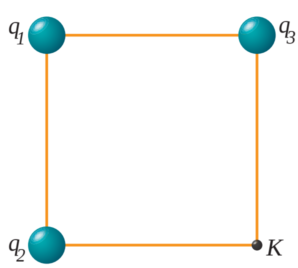
M ve R noktaları arasındaki potansiyel fark V_{MR}, L ve N noktaları arasındaki potansiyel fark V_{LN} olduğuna göre V_{MR}/V_{LN} oranı kaçtır?

(Birimler eşit bölmelendirilmiştir.)

Cevap

2.2.3. NOKTASAL YÜKLER İÇİN ELEKTRİKSEL POTANSİYEL ENERJİ, ELEKTRİKSEL POTANSİYEL, ELEKTRİKSEL POTANSİYEL FARKI VE ELEKTRİKSEL İŞ İLE İLGİLİ HESAPLAMALAR

2.11. Örnek



Kenar uzunluğu 1 m olan karenin kenarlarına elektriksel yükleri sırasıyla 2 µC, -1 µC ve 3 µC olan q_1, q_2, q_3 yükleri yerleştiriliyor.

Buna göre

a) K noktasının elektriksel potansiyeli kaç V olur?

b) Sonsuzdaki 5 µC'luk yükü K noktasına getirmek için kaç J'lük iş yapılması gerekir?

$(k = 9 \cdot 10^9 N \cdot m^2/C^2$ alınız. $1\mu C = 10^{-6} C)$

Çözüm

a) K noktasındaki elektriksel potansiyel q_1, q_2, q_3 yüklerinin bu noktada oluşturduğu elektriksel potansiyellerin cebirsel toplamına eşit olacağından

$$V_K = \frac{k \cdot q_1}{r_1} + \frac{k \cdot q_2}{r_2} + \frac{k \cdot q_3}{r_3}$$

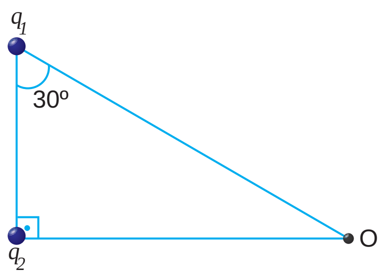
$$= 9 \cdot 10^9 \left(\frac{2 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{2}} + \frac{-1 \cdot 10^{-6}}{1} + \frac{3 \cdot 10^{-6}}{1} \right)$$

$\cong 31000\,V$ bulunur.

b) Elektriksel kuvvetlere karşı yapılan iş

$W = q \cdot V = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 31000 = 0,155\,J$ olarak bulunur.

2.9. Soru



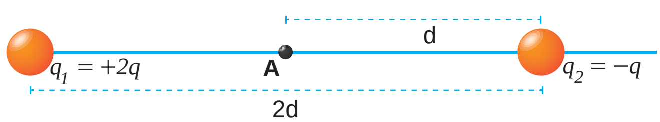
Bir dik üçgenin köşelerine yerleştirilmiş q_1 ve q_2 yüklerinin O noktasında oluşturduğu elektriksel potansiyel sıfırdır.

q_2 yükü +2q olduğuna göre q_1 yükü kaç q olur?

$\left(\sin 30° = \frac{1}{2} \text{ alınız.} \right)$

Cevap

2.12. Örnek



Başlangıçta aralarında 2d mesafe bulunan $q_1 = +2q$ ve $q_2 = -q$ yüklerinden q_2 yükü A noktasına getiriliyor.

Sistemde meydana gelen elektriksel potansiyel enerji değişimi kaç $k\frac{q^2}{d}$ olur?

Çözüm

Sistemin elektriksel potansiyel enerji değişimi için

$$E_{ilk} = k\frac{2q \cdot (-q)}{2d} = -k\frac{q^2}{d}$$

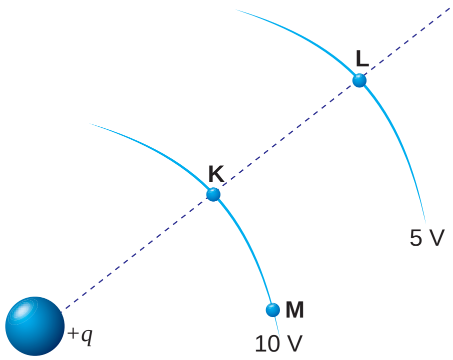
ve

$$E_{son} = k\frac{2q \cdot (-q)}{d} = -k\frac{2q^2}{d}$$ olarak bulunur.

$$\Delta E = E_s - E_i = -k\frac{q^2}{d}$$ olur.

Sistemin elektriksel potansiyel enerjisi azalmıştır.

2.10. Soru



+q yükünün etrafında oluşturduğu eş potansiyel yüzeylerinden +q yüküne yakın olanın elektriksel potansiyel değeri 10 V ve uzak olanın 5 V'tur.

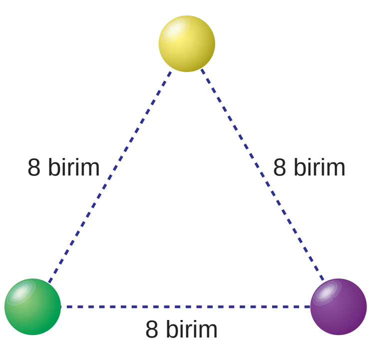
Buna göre – 2 C'luk bir yük

a) **K noktasından L noktasına getirilirse elektriksel kuvvetlere karşı yapılan işi bulunuz.**

b) **K noktasından M noktasına getirilirse elektriksel kuvvetlere karşı yapılan işi bulunuz.**

Cevap

FİNAL SORUSU

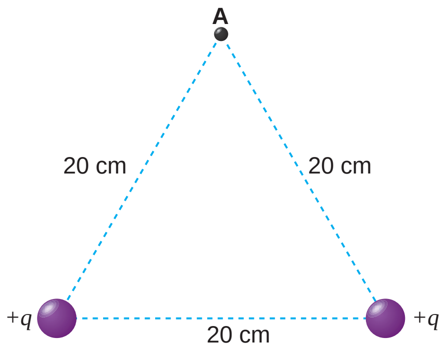


Şekildeki sarı, yeşil ve mor renkte gösterilen aynı cins ve eşit miktarda elektrik yüklü özdeş küresel cisimler, bir kenarı 8 birim olan eşkenar üçgenin köşelerine yerleştirilmiştir. Kürelerin oluşturduğu sistemin toplam elektriksel potansiyel enerjisi $\frac{3W}{8}$ dir.

Yeşil ve mor cisimler sabit tutulurken sadece sarı cisim mor cisimden 2 birim uzaklaştırılıp eş zamanlı olarak yeşil cisme 2 birim yaklaştırıldığında elektriksel kuvvetlere karşı kaç W iş yapılmış olur?

2. BÖLÜM ÇALIŞMA SORULARI

1. Soru

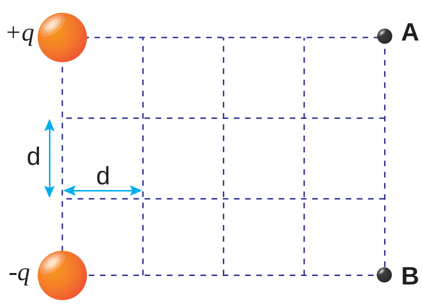


Kenar uzunluğu 20 cm olan eşkenar üçgenin iki köşesine yerleştirilmiş +q noktasal yüklerinin A noktasında oluşturduğu elektrik alanın büyüklüğü $60\sqrt{3}$N/C'dur.

Buna göre yüklerin A noktasında oluşturduğu elektriksel potansiyel kaç V olur?

($k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ alınız.)

2. Soru



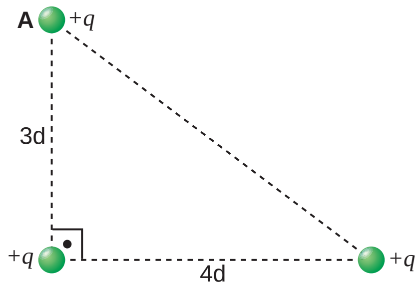
Eşit bölmelendirilmiş yalıtkan levha üzerinde +q ve –q noktasal yükleri şekildeki gibi sabitlenmiştir. +q yükünün A noktasında oluşturduğu elektriksel potansiyel V'dir.

Buna göre -5 q yükünü

a) Sonsuzdan A noktasına getirmek için yapılan iş kaç qV olur?

b) A noktasından B noktasına getirmek için yapılan iş kaç qV olur?

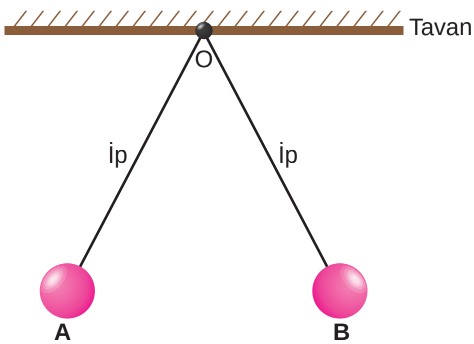
3. Soru



Bir dik üçgenin köşelerine yerleştirilmiş noktasal +q yüklerinden oluşan sistemin elektriksel potansiyel enerjisi E büyüklüğündedir.

Sadece A noktasındaki +q noktasal yükü, -q olarak değiştirilirse sistemin elektriksel potansiyel enerjisi kaç E olur?

4. Soru

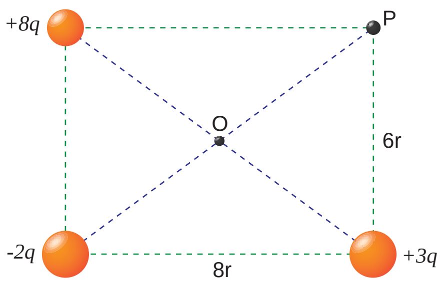


Esnemeyen yalıtkan iplerle tavana asılmış yüklü A ve B cisimlerinin O noktasında oluşturduğu elektriksel potansiyel 10 volttur.

A ve B cisimlerinin yük miktarları ve boyutları değiştirilmeden kütleleri yarıya düşürülürse O noktasındaki elektriksel potansiyel kaç V olur?

Devam ediyor.

5. Soru



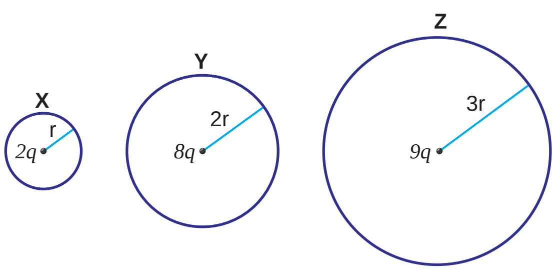
Kenar uzunlukları 6r ve 8r olan dikdörtgenin köşelerine +8q, -2q ve +3q olan yükler yerleştirilmiştir.

Buna göre

a) Bu yüklerin P noktasında oluşturduğu elektriksel potansiyel kaç $k\frac{q}{r}$ olur?

b) +4q'luk yükü P noktasından O noktasına götürmek için yapılan işi bulunuz.

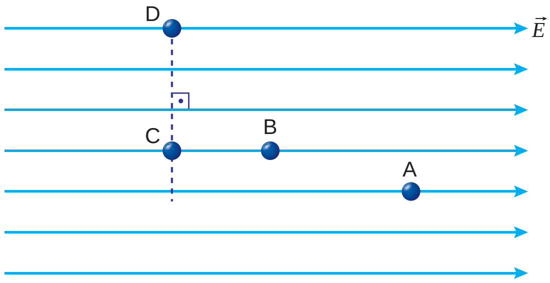
6. Soru



Elektrik yükleri 2q, 8q ve 9q olan noktasal yüklerin oluşturduğu X, Y ve Z küresel yüzeylerin yarıçapları sırasıyla r, 2r ve 3r'dir.

Buna göre küre yüzeyi üzerindeki elektriksel potansiyelleri (V_x, V_y, V_z) küçükten büyüğe doğru sıralayınız.

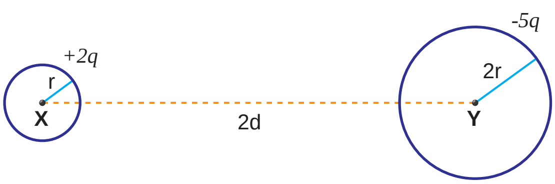
7. Soru



+q yükü düzgün bir elektrik alanı içerisindedir. Bu yük A noktasından başlayıp noktalar arasında doğrusal bir yol izleyerek sırasıyla B, C ve D noktalarına götürülüyor.

Hangi noktalar arasında elektriksel kuvvetlere karşı iş yapılır?

8. Soru



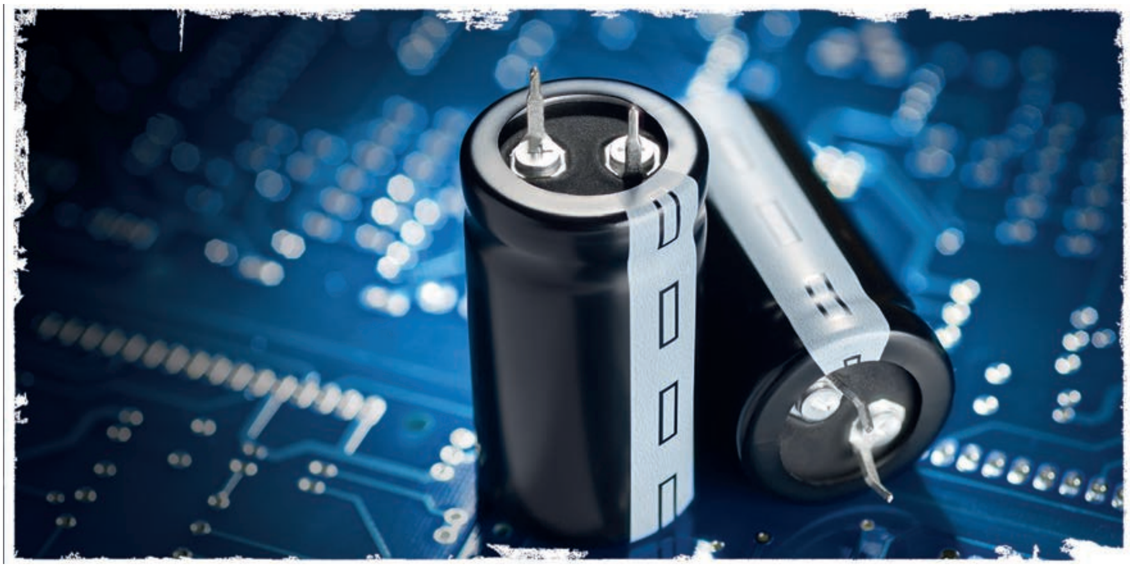
Merkezleri arasında 2d uzaklık bulunan +2q ve -5q yüklerin oluşturduğu sistemin elektriksel potansiyel enerjisi E kadardır.

Küreler birbirine dokundurulup aralarındaki uzaklık d yapılırsa elektriksel potansiyel enerji kaç E olur?

2.3. DÜZGÜN ELEKTRİK ALAN VE SIĞA

HAZIR MISINIZ?

ANLIK ENERJİ



Günlük hayatımızın ayrılmaz parçası olan elektronik aletler farklı alanlarda kullanılmaktadır. Bu aletlerin çalıştırılması için elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. İhtiyaç duyulan bu enerji farklı şekillerde depolanan enerjiden karşılanmaktadır. Enerji depolama araçlarından en bilinenleri piller ve sığaçlardır. Piller, elektriksel potansiyel enerjiyi kimyasal enerji şeklinde depolar. Sığaçlar ise bu enerjiyi elektrostatik bir alanda depolar. Piller, sığaçlara göre çok daha uzun süre enerji kaynağı olarak devrede kullanılabilir. Sığaçlar ise depo edilen enerjiyi anlık olarak devreye sokar. Elektriksel enerjiyi doğrudan paralel levhalardaki plakalara depolayan sığaçlar, pillerden daha hızlı şarj ve deşarj olabilmektedir.

1. soru: Sığaçları pillerden ayıran temel özellikler nelerdir? Açıklayınız.

....
....
....
....
....
....

2. soru: Pil yerine sığaçları kullanmanın avantajları neler olabilir? Açıklayınız.

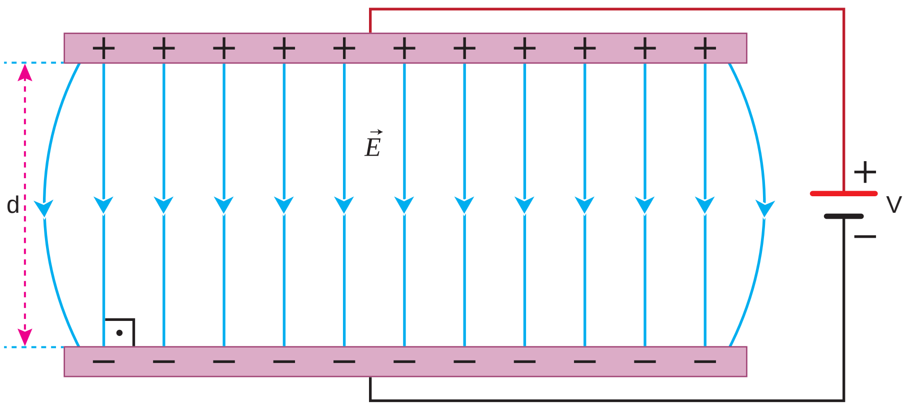
....
....
....
....
....
....

2.3.1. YÜKLÜ, İLETKEN VE PARALEL LEVHALAR ARASINDA OLUŞAN ELEKTRİK ALANI, ALAN ÇİZGİLERİ

Bir yükün etrafında oluşan elektrik alan her noktada farklı yön ve doğrultuda olacağı için düzgün bir elektrik alan oluşturmaz. Düzgün bir elektrik alan, eşit ve zıt yüklü paralel iletken levhalar arasında oluşur. Düzgün elektrik alanların yönü, doğrultusu ve şiddeti paralel levhalar arasındaki her noktada aynıdır.

Şekil 2.17'de paralel levhalar arasında yer alan düzgün elektrik alan görülmektedir. Özdeş, iletken ve paralel düz levha, elektrik potansiyeli V kadar olan üretecin (+) ve (-) uçlarına bağlanarak eşit ve zıt yükle yüklenirse levhalar arasında düzgün elektrik alan oluşur. Paralel levhalar arasında oluşan elektrik alan çizgileri pozitif yüklü levhadan başlar, negatif yüklü levhada son bulur.

Konu ile ilgili video için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.



Şekil 2.17: *Paralel levhalar arasındaki düzgün elektrik alan*

Elektrik alan çizgileri başladıkları ve bittikleri yüzeye diktir. Levhalar arasında birbirlerine paralel ve eşit aralıklarla modellenir.

AKLINDA BULUNSUN

Levhaların uç kısımlarında elektrik alan çizgilerinin paralelliği bozulmasına rağmen problem çözümlerinde levhalar arasındaki elektrik alan her yerde düzgün kabul edilir.

2.3.2. YÜKLÜ, İLETKEN VE PARALEL LEVHALAR ARASINDA OLUŞAN ELEKTRİK ALANININ BAĞLI OLDUĞU DEĞİŞKENLER

Yüklü, iletken ve paralel levhalar arasında oluşan elektrik alanının bağlı olduğu değişkenleri inceleyebilmek amacıyla 9. etkinliği yapınız.

9. ETKİNLİK

Etkinlik Adı	***SIĞA (KAPASİTANS)***	*30 dk.*
Amacı	*Yüklü, iletken ve paralel levhalar arasında oluşan elektrik alanın bağlı olduğu değişkenleri açıklayabilme.*	*Bireysel etkinlik*
Araç Gereç	*genel ağ bağlantılı cihaz, kâğıt, kalem*	

Yönerge: *Aşağıdaki adımları sırayla uygulayarak değerlendirme sorularını cevaplayınız.*

1. adım: Yandaki karekodu okutunuz. Karşınıza çıkan ekranda "İNCELE" butonuna basarak ilgili simülasyonu açınız.

2. adım: Ekrandaki "Sığa (Kapasitans)" seçeneğine tıklayınız.

3. adım: Ekranın sağ üst köşesinde bulunan kutucukların tümünün seçili olmasını sağlayınız.

4. adım: Paralel levhalar arasındaki uzaklık değerini "Aralık" yazılı çift taraflı okun üzerine tıklayarak 10 mm'ye sabitleyiniz.

5. adım: Paralel levha alanının değerini "Levha Alanı" yazılı çift taraflı okun üzerine tıklayarak 300 mm^2ye sabitleyiniz.

6. adım: Ekranın sağında bulunan "Voltaj" yazılı voltmetreyi tıklayarak mavi alana sürükleyiniz. Voltmetrenin problarını (uçlarını) levhalara ayrı ayrı değdiriniz.

7. adım: Pilin üzerindeki gösterge çubuğunu kullanarak Tablo 1'de volt değerlerini ayarlayınız. "Voltaj" üzerindeki değerlerini ve levhalar arasında oluşan elektrik alanın durumu (çizgilerinin yönü ve sıklığı) ile ilgili gözlemlerinizi Tablo 1'e yazınız.

Tablo 1

Pilin Üzerindeki Volt Değeri (V)	Voltaj (V)	Elektrik Alanın Durumu
1,5		
0		
-1,5		

8. adım: Pilin üzerindeki volt değerinin 1,5 V olmasını sağlayarak Tablo 2'de verilen paralel levhaların alan değerlerinin her biri için "Voltaj" üzerindeki değerleri ve levhalar arasında oluşan elektrik alanın durumunu Tablo 2'ye yazınız.

Tablo 2

Paralel Levhaların Alanı (mm^2)	Voltaj (V)	Elektrik Alanın Durumu
200		
300		
400		

9. adım: "Aralık" okunu kullanarak Tablo 3'te verilen uzaklık değerlerini ayarlayınız. Her bir uzaklık değeri için elde ettiğiniz "Voltaj" değerlerini ve levhalar arasında oluşan elektrik alanın durumunu Tablo 3'e yazınız.

Tablo 3

Paralel Levhalar Arasındaki Uzaklık (mm)	Voltaj (V)	Elektrik Alanın Durumu
4		
6		
10		

Devam ediyor.

10. adım: Pil ile levhaları birbirine bağlayan kablo üzerindeki bağlantı noktalarını (anahtar) açarak Tablo 4'te verilen uzaklık değerlerinin her biri için "Voltaj" üzerindeki değerleri ve levhalar arasında oluşan elektrik alanın durumunu Tablo 4'e yazınız.

Tablo 4

Paralel Levhalar Arasındaki Uzaklık (mm)	Voltaj (V)	Elektrik Alanın Durumu
4		
6		
10		

11. adım: "Levha Alanı" okunu kullanarak Tablo 5'te verilen alan değerlerini ayarlayınız. Her bir alan değeri için elde ettiğiniz "Voltaj" değerlerini ve levhalar arasında oluşan elektrik alanın durumunu Tablo 5'e yazınız.

Tablo 5

Paralel Levhaların Alanı (mm^2)	Voltaj (V)	Elektrik Alanın Durumu
200		
300		
400		

Değerlendirme

1. Tablo 1'e göre pilin volt değerinin elektrik alana etkisi nedir?

....

....

....

2. Tablo 2'ye göre levhaların alan büyüklüğünün elektrik alana etkisi nedir?

....

....

....

3. Tablo 3'e göre levhalar arasındaki mesafenin elektrik alana etkisi nedir?

....

....

....

4. Tablo 4 ve Tablo 5'e göre levhalar ile pil arasındaki bağlantı kesildiğinde levhaların aralarındaki uzaklığın ve yüzey alanının elektrik alana etkisi nedir?

....

....

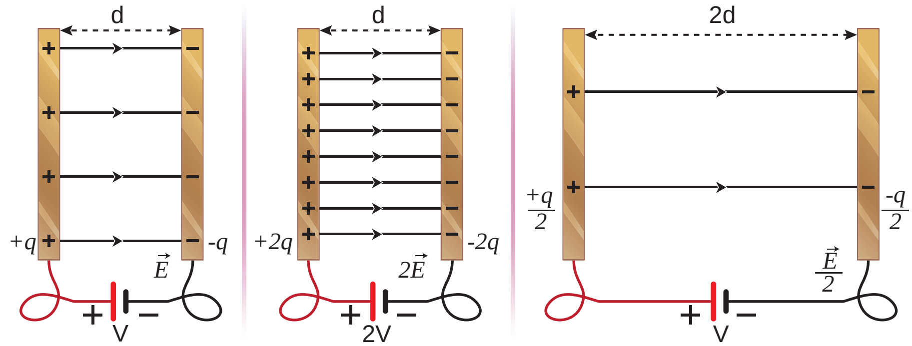
....

5. Yüklü, iletken ve paralel levhalar arasında oluşan elektrik alan hangi değişkenlere bağlıdır? Açıklayınız.

....

....

....



***a)** Aralarındaki uzaklık d ve potansiyel farkı V olan paralel levhalar*
***b)** Aralarındaki uzaklık d ve potansiyel farkı 2V olan paralel levhalar*
***c)** Aralarındaki uzaklık 2d ve potansiyel farkı V olan paralel levhalar*

***Şekil 2.18:** Paralel levhalar arasındaki düzgün elektrik alan*

Şekil 2.18.a’daki gibi aralarında d uzaklığı bulunan paralel levhalar, potansiyel farkının büyüklüğü V olan üretece bağlanırsa levhalar arasındaki potansiyel fark üretecin gerilimine eşit olana kadar +q ve –q yükleri ile yüklenir. Bu durumda levhalar arasındaki elektrik alan büyüklüğü E olur.

Şekil 2.18.b’deki gibi paralel levhalar arasındaki d uzaklığı sabit tutularak üreteç gerilimi 2V yapılırsa levhalar +2q ve -2q yükleri ile yüklenir. Elektrik alan çizgileri sıklaşır ve büyüklüğü 2E olur. Bu durumda elektrik alanın büyüklüğü potansiyel fark ile doğru orantılıdır.

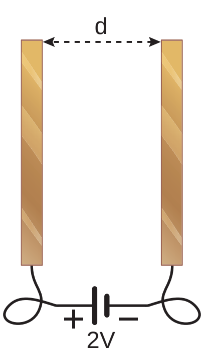
Şekil 2.18.c’deki gibi paralel levhaların bağlı olduğu üreteç gerilimi sabit tutularak levhalar arasındaki uzaklık 2d yapılırsa levhalar $\frac{+q}{2}$ ve $\frac{-q}{2}$ yükleri ile yüklenir. Elektrik alan çizgileri seyrekleşir ve büyüklüğü $\frac{E}{2}$ olur. Bu durumda elektrik alanın büyüklüğü paralel levhalar arasındaki uzaklık ile ters orantılıdır. Buna göre elektrik alanın büyüklüğü E, levhalar arasında potansiyel fark V ve levhalar arasındaki uzaklık d olmak üzere

$E = \frac{V}{d}$ bağıntısı ile bulunur.

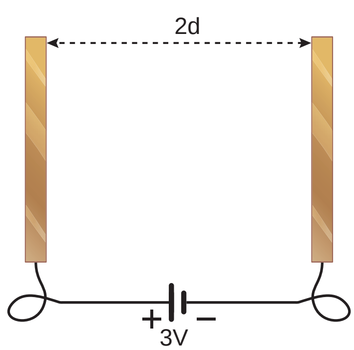
Potansiyel farkın birimi volt (V), levhalar arasındaki uzaklık birimi metre (m) olduğundan elektrik alanın birimi V/m’dir.

Konu ile ilgili video için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

2.13. Örnek



Şekil 1



Şekil 2

Yüzey alanları eşit Şekil 1’deki iki iletken paralel levha, 2V potansiyel fark oluşturan üretece bağlanıp aralarındaki uzaklık d olduğunda levhalar arasında E_1 büyüklüğünde düzgün elektrik alan oluşmaktadır. Aynı levhalar Şekil 2’deki gibi aralarındaki uzaklık 2d ve potansiyel fark 3V olduğunda ise E_2 büyüklüğünde düzgün elektrik alan oluşmaktadır.

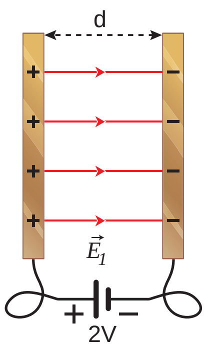
Buna göre

a) Levhalar arasında oluşan elektrik alanların yönünü çizerek gösteriniz.

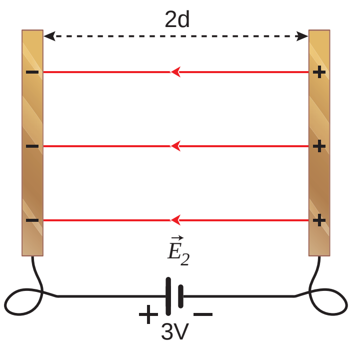
b) Oluşan elektrik alanın büyüklüklerinin oranı $\frac{E_1}{E_2}$ yi bulunuz.

Devam ediyor.

Çözüm



Şekil 1



Şekil 2

a) Yüklü paralel levhalar arasındaki elektrik alan düzgün elektrik alan olduğundan alan çizgileri levhalara dik ve yönü + yüklü levhadan – yüklü levhaya doğrudur.

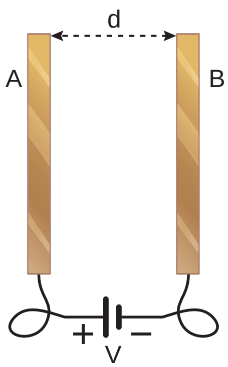
b) Elektrik alanın büyüklüğü

$E = \frac{V}{d}$ bağıntısından

$E_1 = \frac{2V}{d}$ ve $E_2 = \frac{3V}{2d}$ dir.

Buradan $\frac{E_1}{E_2} = \frac{4}{3}$ bulunur.

2.11. Soru



Yüzey alanları eşit şekildeki A ve B iletken paralel levhalar, V potansiyel fark oluşturan üretece bağlanıp aralarındaki uzaklık d olduğunda levhalar arasında E büyüklüğünde düzgün elektrik alan oluşmaktadır.

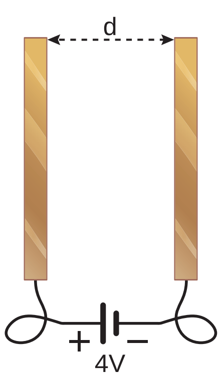
Buna göre

a) **Paralel levhalar arasında oluşan elektrik alan çizgilerinin yönünü çizerek açıklayınız.**

b) **2 V potansiyel fark oluşturan üretecin (-) ucu A levhasına ve (+) ucu B levhasına bağlandığında alan çizgilerinde meydana gelecek değişikliği açıklayınız.**

Cevap

2.12. Soru

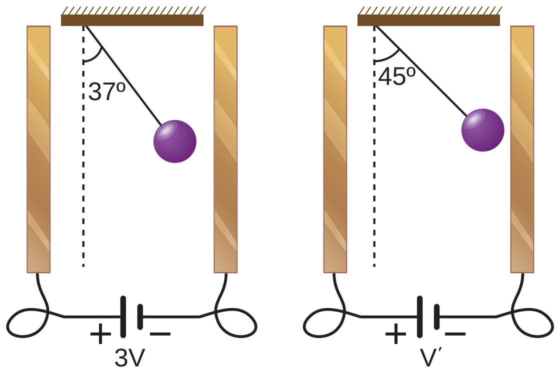


Aralarında d mesafesi bulunan paralel levhalara 4V potansiyel fark uygulandığında elektrik alan E büyüklüğünde olmaktadır.

Levhalar arasındaki ortam değiştirilmeden d uzaklığı 3 katına çıkarılıp potansiyel farkı yarıya düşürüldüğünde elektrik alanın büyüklüğü kaç E olur?

Cevap

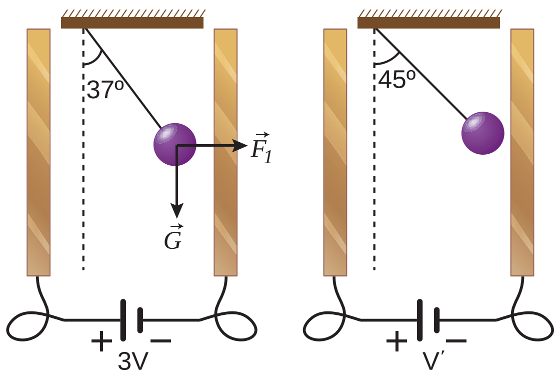
2.14. Örnek



Eşit büyüklükte iki iletken paralel levha, 3 V potansiyel fark oluşturan bir üretece bağlandığında levhalar arasındaki yüklü küresel cisim, esnemeyen ve ağırlığı ihmal edilen ip kullanılarak düşeyle 37° açı yapacak biçimde dengede kalıyor.

Aynı sistemde yüklü küresel cismin düşeyle 45° açı yaparak dengede kalabilmesi için üretecin potansiyel farkı V′ kaç V olmalıdır?

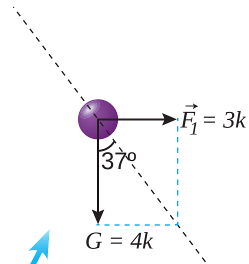
Çözüm



İlk durumda yüklü cisme levhalar arasında ağırlığı ve F_1 büyüklüğündeki elektriksel kuvvet etki eder. Elektriksel kuvvetin büyüklüğü

$F_1 = q \cdot E_1 = q \cdot \dfrac{3V}{d}$ dir.

Buna göre cismin denge durumunda serbest cisim diyagramı

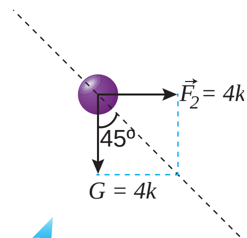


şeklindedir.

İkinci durumda yüklü cisme levhalar arasında ağırlığı ve F_2 büyüklüğündeki elektriksel kuvvet etki eder. Elektriksel kuvvetin büyüklüğü

$F_2 = q \cdot E_2 = q \cdot \dfrac{V'}{d}$ dir.

Buna göre cismin denge durumunda serbest cisim diyagramı



şeklindedir.

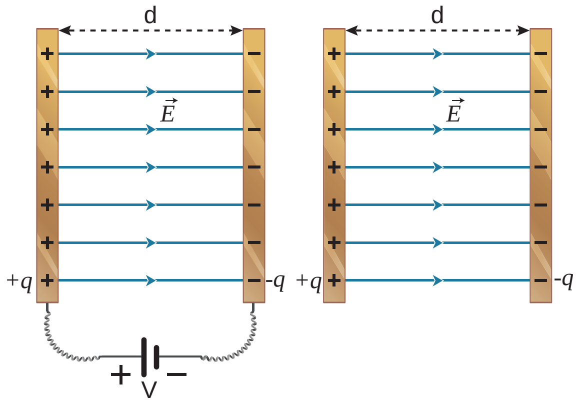
Serbest cisim diyagramlarından

$$F_1 = 3k = q \cdot \frac{3V}{d}$$

$$F_2 = 4k = q \cdot \frac{V'}{d}$$

$V' = 4V$ bulunur.

Şekil 2.19.a'daki gibi iletken paralel levhalar üretece bağlandığında yüklenir. Paralel levhalar yüklendikten sonra üreteçle aralarındaki bağlantı kesilirse levhalardaki yük miktarı ve elektrik alanın büyüklüğü sabit kalır (Şekil 2.19.b).



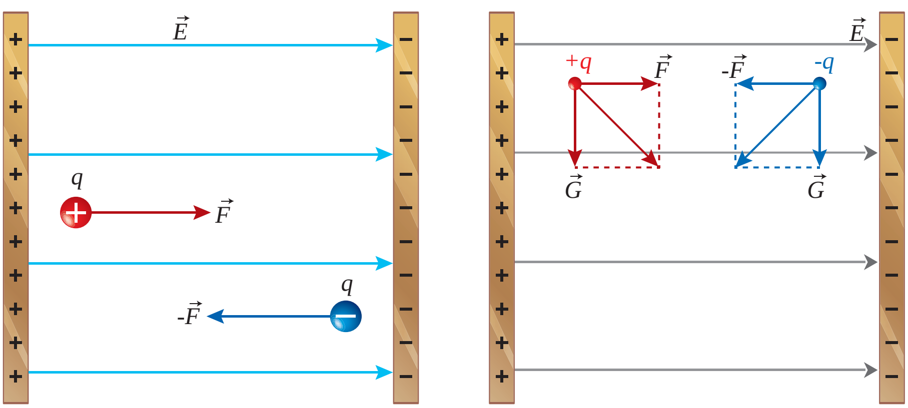
***a)** Üretece bağlı paralel levhalar*

***b)** Üreteç bağlantısı kesilmiş paralel levhalar*

***Şekil 2.19:** Üretece bağlı ve üreteç bağlantısı kesilmiş paralel levhalar*

2.3.3. YÜKLÜ PARÇACIKLARIN DÜZGÜN ELEKTRİK ALANDAKİ DAVRANIŞI

Sürtünmelerin ve yer çekimi ivmesinin ihmal edildiği ortamda yüklü bir parçacık, iletken paralel levhalar arasındaki düzgün elektrik alan içerisine bırakıldığında sabit büyüklükte elektriksel kuvvetin etkisinde kalır. Yüklü parçacık bu kuvvetin etkisiyle sabit ivmeli hareket yapar. Düzgün elektrik alan içindeki yüksüz cisimlere ise elektriksel kuvvet etki etmez.



***a)** Düzgün elektrik alandaki ağırlığı ihmal edilen cisimlere etki eden elektriksel kuvvetler*

***b)** Düzgün elektrik alandaki ağırlığı ihmal edilmeyen cisimlere etki eden kuvvetler*

***Şekil 2.20:** Düzgün elektrik alanda serbest bırakılan ağırlığı ihmal edilen ve edilmeyen cisimlere etki eden kuvvetler*

Konu ile ilgili video için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

Düzgün elektrik alan içine yerleştirilen parçacığın yükü pozitif (+) ise elektrik alanla aynı yönde, yükü negatif (–) ise elektrik alanla zıt yönde sabit ivmeli hareket eder (Şekil 2.20.a).

Yüklü, paralel iletken levhalar arasına konulan parçacığa etki eden elektriksel kuvvetin büyüklüğü

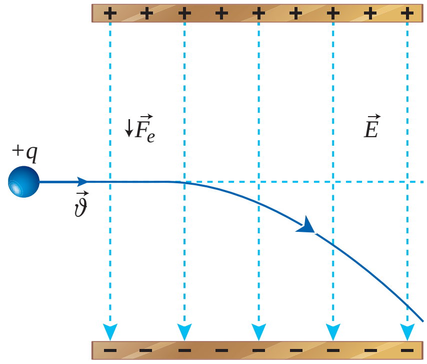
$F_e = q \cdot E = q \cdot \frac{V}{d}$ bağıntısı ile hesaplanır.

Sürtünmesi ihmal edilen ortamdaki paralel levhalar arasına bırakılan $\vec{G}$ ağırlığına sahip +q ve –q yüklü cisimler ise Şekil 2.20.b'deki gibi elektriksel kuvvet ve ağırlığın bileşkesi doğrultusunda hareket eder.

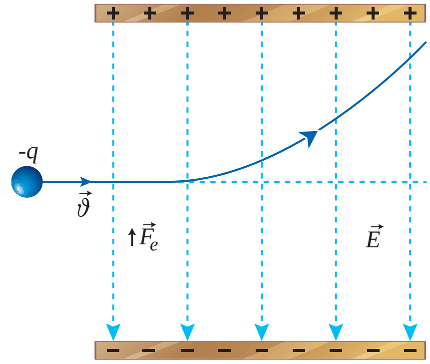
AKLINDA BULUNSUN

Düzgün elektrik alan içinde yüke etki eden elektriksel kuvvetin büyüklüğü, yükün levhadan uzaklığına ya da yakınlığına göre değişmez.

Konu ile ilgili video için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.



a) *Elektrik alana dik olarak $\vec{\vartheta}$ hızı ile giren ağırlığı ihmal edilen +q yüklü cismin hareket yörüngesi*



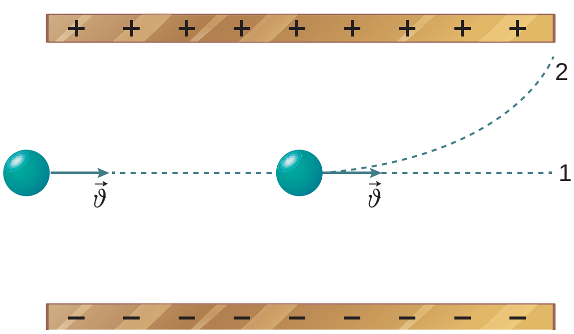
b) *Elektrik alana dik olarak $\vec{\vartheta}$ hızı ile giren ağırlığı ihmal edilen -q yüklü cismin hareket yörüngesi*

Şekil 2.21: *Elektrik alana dik olarak $\vec{\vartheta}$ hızı ile giren ağırlığı ihmal edilen yüklü cisimlerin hareket yörüngeleri*

Yatay olarak yerleştirilmiş yüklü, paralel ve iletken levhalar arasındaki elektrik alana dik olarak $\vec{\vartheta}$ hızı ile giren +q ve –q yüklü ağırlığı ihmal edilen cisimler, hareket doğrultusundan sapar. Şekil 2.21.a'daki gibi elektrik alana dik olarak giren +q yüklü cisim, elektrik alan çizgileriyle aynı yönlü elektriksel kuvvetin $(\vec{F_e})$ etkisinde kalır. +q yüklü cisim, aşağıya doğru eğrisel bir yörüngede (-) yüklü levhaya doğru hareket eder. Şekil 2.21.b'deki gibi elektrik alana dik olarak giren -q yüklü cisim, elektrik alan çizgileriyle zıt yönlü elektriksel kuvvetin $(\vec{F_e})$ etkisinde kalır. –q yüklü cisim, yukarıya doğru eğrisel bir yörünge çizerek + yüklü levhaya doğru hareket eder.

Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

2.15. Örnek



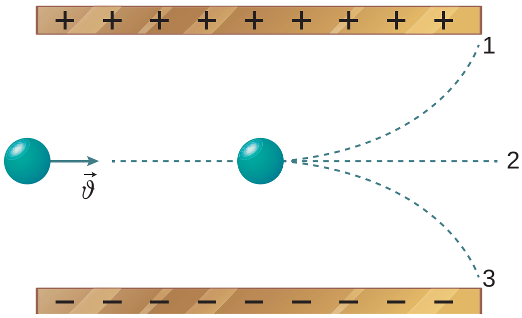
Düşey düzleme yerleştirilmiş paralel levhalar arasındaki elektrik alana dik olarak $\vec{\vartheta}$ hızı ile giren yüklü parçacık, şekildeki gibi 1 numaralı doğrusal yolu izlemektedir.

Buna göre parçacık hangi koşullarda 2 No.lu yolu izler?

Çözüm

Parçacığın yükü ve yer çekimi ivmesinin ihmal edilip edilmediği hakkında bilgi verilmemiştir. Parçacığın yükü negatif ise elektriksel kuvvetin yönü + levhaya doğru, pozitif ise elektriksel kuvvetin yönü – levhaya doğrudur. Yer çekimi ihmal edildiğinde parçacığa yalnızca elektriksel kuvvet etki edeceğinden parçacık 1 numaralı doğrusal yolu izleyemez. Bu sebeple parçacık yer çekiminin ihmal edilmediği ortamdadır ve yükü negatiftir. Parçağın ağırlığı, elektiksel kuvvetin büyüklüğüne eşittir. Parçacığın 2 numaralı yolu izleyebilmesi için elektiksel kuvvetin büyüklüğünün parçacığın ağırlığından büyük olması gerekir.

2.13. Soru



Yüklü, paralel ve iletken yatay olarak yerleştirilmiş levhalar arasındaki elektrik alana dik olarak $\vec{\vartheta}$ hızı ile giren ağırlığı ihmal edilen yüklü parçacık bir süre sonra

I. (+) yüklü ise 1 numaralı yolu izler.
II. (+) yüklü ise 3 numaralı yolu izler.
III. (-) yüklü ise 1 numaralı yolu izler.
IV. (-) yüklü ise 2 numaralı yolu izler.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

10. ETKİNLİK

Etkinlik Adı	***ELEKTROFOREZ (DNA PARMAK İZİ)***	*20 dk.*
Amacı	*Elektroforez yöntemini yüklü parçacıkların elektrik alandaki davranışı ile ilişkilendirebilme.*	*Bireysel etkinlik*

Yönerge: *Aşağıda yüklü parçacıkların elektrik alandaki davranışının teknolojideki kullanım yerlerinden olan elektroforez yöntemine ilişkin bilgilendirme metni verilmiştir. Aşağıdaki metni okuyup soruları cevaplayınız.*

DNA dizisindeki kişiye özgü sıralamaları analiz ederek bir DNA örneğinin kime ait olduğunu belirlemeye yarayan yöntem DNA parmak izi (elektroforez) olarak isimlendiriliyor. Elektroforez yönteminde ilk işlem olarak DNA, hücreden ayrılarak saf hâle getiriliyor. Daha sonra DNA molekülü, molekül ölçeğinde parçalayıcı etki yapan enzimler aracılığıyla farklı noktalardan bölünüyor. Bölünen moleküllerden farklı uzunluklarda DNA parçaları elde ediliyor. Farklı uzunluktaki DNA parçaları elektroforez yöntemi ile büyüklüklerine göre ayrılıyor. Bunun için gözenekli yapıdaki bir jel kullanılıyor. Elektrik akımı uygulandığında jelin bir ucu artı, diğer ucu eksi yükle yükleniyor. DNA molekülü eksi yüklü olduğu için elektrik akımı uygulandığında DNA parçaları jelin artı kutbuna doğru hareket ediyor. Jelin yapısında gözenekler bulunduğundan DNA parçaları hareket ederken bu gözeneklerden geçmeye zorlanıyor. Bu süreçte büyük DNA parçaları yavaş hareket ederken küçük DNA parçaları daha hızlı hareket ediyor. Bir süre sonra farklı uzunluktaki DNA molekülleri büyüklüklerine göre birbirinden ayrılmış oluyor. Bu sayede ayrılan DNA parçaları morötesi ışık altında kısa çizgiler ya da bantlar hâlinde çeşitli görüntüleme cihazları yardımıyla çözümlenebiliyor.

Değerlendirme

1. Elektroforez yönteminde kullanılan jele elektrik akımı uygulanarak uçlarının neden farklı elektriksel kutuplara dönüştürüldüğünü açıklayınız.

....

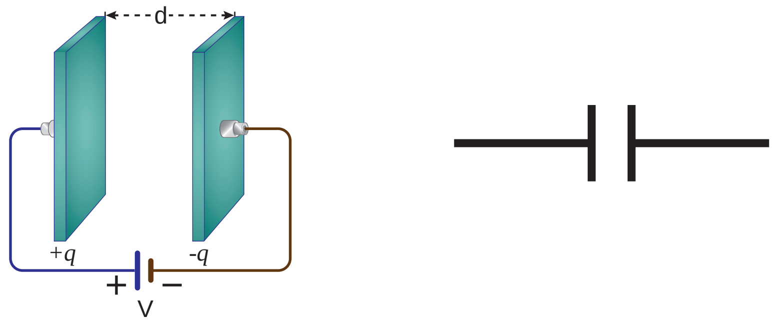
....

2. Jele elektrik akımı uygulandığında DNA parçalarının neden artı kutba doğru hareket ettiğini açıklayınız.

....

3. Yüklü parçacıkların elektrik alandaki davranışının teknolojideki kullanım alanlarını araştırınız ve araştırma sonuçlarınızı özetleyiniz. Araştırmanıza ek olarak sunum tekniklerini inceleyiniz. Sunum teknikleri arasından seçtiğiniz yöntemle araştırmanızı sınıf ortamında paylaşınız.

2.3.4. SIĞA (KAPASİTE)



Şekil 2.22: *Sığaçların elektrik devrelerinde gösterimi*

DİKKAT

Teknolojideki uygulamalarda farad yerine genellikle mikrofarad (µF), nanofarad (nF) ya da pikofarad (pF) birimleri kullanılır.

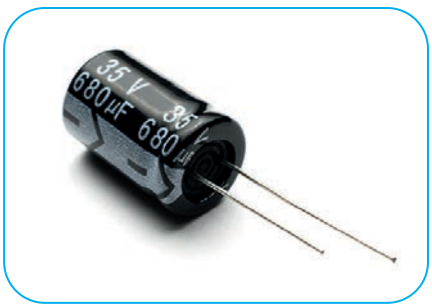
Bunların farad birimine dönüşümü aşağıdaki gibidir.

$1\ \mu F = 10^{-6}\ F,$

$1\ nF = 10^{-9}\ F,$

$1\ pF = 10^{-12}\ F$

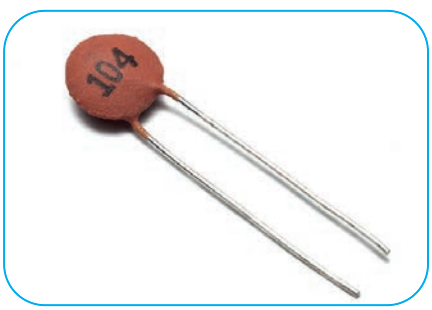
Elektrik üretimi için su depolayan barajların alabileceği su miktarı, barajın kapasitesine bağlıdır. Küçük kapasiteli bir baraja kapasitesinden daha fazla su konulduğunda baraj taşar. Bir iletkenin depolayabileceği yük miktarı, barajın içindeki su örneğine benzetilebilir. İletken maddelerin sahip olduğu yük miktarına bağlı olarak depo ettikleri elektriksel potansiyel enerjinin ölçüsüne **sığa (kapasite)** denir. Diğer bir ifadeyle sığa, volt başına düşen yük miktarı şeklinde de tanımlanabilir. C sembolü ile gösterilir ve birimi SI'da farad (F) ya da coulomb/volttur. Elektrik yükünü dolayısıyla elektriksel potansiyel enerjiyi depolamak için kullanılan cihazlara ise **sığaç (kondansatör)** denir. Sığaçlar elektrik devrelerinde paralelkenar ya da iki çubuk olarak gösterilir (Şekil 2.22).



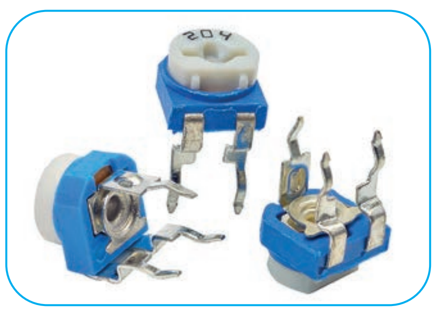
a) *Elektrolit kondansatör*



b) *Süper kondansatör*



c) *Seramik kondansatör*



d) *Trimer kondansatör*

Görsel 2.1: *Kondansatör çeşitleri*

MERAKLISINA

Görsel 2.1'deki kondansatör çeşitlerinin teknolojide hangi tür cihazlarda kullanıldığını araştırınız.

2.3.5. SIĞANIN BAĞLI OLDUĞU DEĞİŞKENLER

11. ETKİNLİK

Etkinlik Adı	**SIĞANIN BAĞLI OLDUĞU DEĞİŞKENLER**	30 dk.
Amacı	Sığanın bağlı olduğu değişkenleri açıklayabilme.	Bireysel etkinlik
Araç Gereç	genel ağ bağlantılı cihaz	

Yönerge: *Aşağıdaki adımları sırasıyla uygulayarak değerlendirme sorularını cevaplayınız.*

1. adım: Yandaki karekodu okutunuz. Karşınıza çıkan ekranda "İNCELE" butonuna basarak ilgili simülasyonu açınız.

2. adım: Ekrandaki "Sığa (Kapasitans)" seçeneğine tıklayınız.

3. adım: Pilin üzerindeki gösterge çubuğunu kullanarak pilin gerilim değerinin 1,5 V olmasını sağlayınız.

4. adım: Paralel levha alanını "Levha Alanı" yazılı çift taraflı okun üzerine tıklayarak 200 mm^2 ye sabitleyiniz.

5. adım: "Aralık" okunu kullanarak Tablo 1'de verilen uzaklık değerlerini ayarlayınız. Ekrandaki dikdörtgen pencere içinde yer alan "Sığa (kapasitans)" değerini Tablo 1'e yazınız.

Tablo 1

Paralel Levhalar Arasındaki Uzaklık (mm)	Sığa (Kapasitans) (pF)
2	
6	
10	

6. adım: "Levha Alanı" okunu kullanarak Tablo 2'de verilen alan değerlerini ayarlayınız. "Sığa" değerini Tablo 2'ye yazınız.

Tablo 2

Paralel Levhaların Alanı (mm^2)	Sığa (Kapasitans) (pF)
100	
200	
400	

Değerlendirme

1. Tablo 1'e göre levhalar arasındaki uzaklık değiştirildiğinde sığa değerinde oluşan değişikliği açıklayınız.

....

....

2. Tablo 2'ye göre levha alanı değiştirildiğinde sığa değerinde oluşan değişikliği açıklayınız.

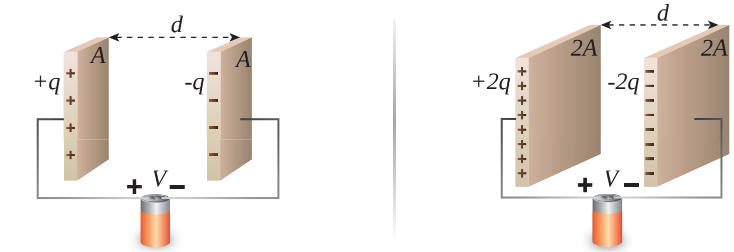
....

3. Simülasyondan elde edilen değerlerden yararlanarak sığanın matematiksel modelini yazınız.

....

Karekodda bulunan kontrol listesi öğretmen tarafından doldurulur.

Şekil 2. 23'te üretecin potansiyel farkı, paralel levhalar arasındaki uzaklık ve levhalar arasındaki ortamın elektriksel geçirgenliği (dielektrik katsayısı) aynı; yüzey alanları farklı olan iki iletken paralel levha gösterilmektedir.

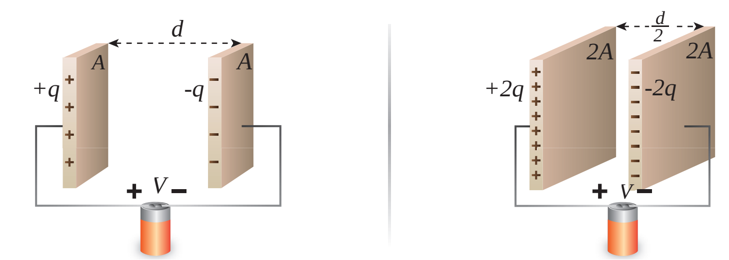


a) *Yüzey alanları A olan paralel levhalar* ***b)*** *Yüzey alanları 2A olan paralel levhalar*

Şekil 2.23: *Yüzey alanları farklı iletken paralel levhalar*

Levhaların alanı A'dan 2A'ya çıkartılırsa üretece bağlı levhalar arasındaki potansiyel fark değişmeyeceğinden levhalar üzerindeki sığa değeri artar. Bundan dolayı yük miktarı da artar. Bu durumda sığa, levhaların yüzey alanı ile doğru orantılıdır.

Şekil 2. 24'te üretecin potansiyel farkı, paralel levhaların yüzey alanı ve levhalar arasındaki ortamın elektriksel geçirgenliğinin (dielektrik katsayısı) aynı olduğu ve levhalar arasındaki uzaklığın farklı olduğu iki iletken levha gösterilmektedir.



a) *Aralarındaki uzaklık d olan paralel levhalar* ***b)*** *Aralarındaki uzaklık d/2 olan paralel levhalar*

Şekil 2.24: *Yüzeyleri arasında farklı uzaklık bulunan paralel levhalar*

Levhalar arasındaki uzaklık yarıya düşürüldüğü için paralel levhaların kapasitesi artar. Bundan dolayı levhaların depoladığı yük miktarı da artar. Bu durumda sığa, levhalar arasındaki uzaklık ile ters orantılıdır.

Şekil 2. 25'te üretecin potansiyel farkı, paralel levhaların yüzey alanı ve levhalar arasındaki uzaklığın aynı; levhalar arasındaki ortamın elektriksel geçirgenliğinin (dielektrik katsayısı) farklı olduğu iki iletken levha gösterilmektedir.



a) *Aralarında hava bulunan paralel levhalar* ***b)*** *Aralarında cam, su, mika vb. yalıtkan madde bulunan paralel levhalar*

Şekil 2.25: *Aralarındaki ortamın dielektrik katsayısı farklı olan paralel levhalar*

Şekil 2.25.a'daki yüklü paralel ve iletken levhaların arasına dielektrik katsayısı $\varepsilon_0 = 1$ olan hava; Şekil 2.25.b'de ise havadan daha büyük dielektrik katsayısına sahip cam, su, mika vb. maddelerden herhangi biri bulunmaktadır.

Dielektrik katsayısı (ε) arttığında levhalar arasındaki yük geçişi zorlaşacağından yükü depolama özelliği, sığa değeri artar. Bundan dolayı yük miktarı da artar.

Yukarıda yapılan açıklamalara göre sığa değeri

- Levhaların yüzey alanı ile doğru orantılıdır.
- Levhalar arası uzaklık ile ters orantılıdır.
- Levhalar arasındaki dielektrik katsayısı ile doğru orantılıdır.

Buna göre sığa matematiksel olarak

$$C = \varepsilon \cdot \frac{A}{d}$$

şeklinde modellenebilir.

Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

2.14. Soru

Aşağıdaki metni okuyunuz ve soruları cevaplayınız.

Hava çok sıcaktı. Bu sıcakta top oynamak iyi bir fikir miydi? Bu sorgulamayı neden hep maçtan sonra yapardı ki? Mahallenin zar zor akan çeşmesine doğru yapılan yarışı o kazandı. Musluğu sonuna kadar açmasına rağmen ip gibi akan suyu izlemek bile ferahlatıcıydı. İki elinin avuçlarını birleştirip suyun altına getirdi. Su avuçlarına dolarken “Keşke ellerim daha büyük olsaydı!” diye düşündü. Yoksa su mu daha hızlı akmalıydı? Avuçları suyla dolduktan sonra ellerini ağzına doğru getirirken büyüyen ellerini hayal etti. Avuçlarındaki su artmazdı ki! Asıl istediği şey, çeşmeden akan su avuçlarına dolarken ellerinin büyümesiydi. Bu sorgulamayı yaparken sıradaki arkadaşının sesiyle kendine geldi. “Hey dostum! Suyu israf etmemelisin.”

a) Metinde fizik biliminde kullanılan sığa kavramı, benzetim yoluyla verilmiştir. Metindeki sığa kavramı ile ilgili değişkenleri belirleyerek açıklayınız.

....

....

....

....

....

....

b) Günlük hayatta sığa kavramı ile ilişkili olduğunu düşündüğünüz bir durumu yazınız. Bu duruma uygun olarak sığa kavramını açıklayınız ve sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

....

....

....

....

....

MERAK UYANDIRAN SORULAR

Bazen iletken bir cisme dokunulduğunda hafif bir elektrik çarpması hissedilir. Elimizle iletken cisim arasında gerçekleşen bu elektriksel olayın nedeni nedir?

2.3.6. SIĞACIN İŞLEVİ

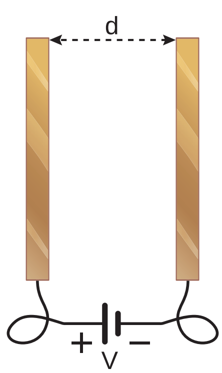
Sığaçlar, amaçlarına göre farklı şekil ve boyutlarda kullanılabilir. Elektrik devrelerinde yaygın olarak kullanılan sığaç, özdeş iki iletken paralel levha arasında yalıtkan (dielektrik) madde yerleştirilerek oluşturulur. Üretece bağlanan paralel levhalar eşit büyüklükte ve zıt elektrik yüküyle yüklenir. Bundan dolayı paralel levhalar arasında elektrik alan oluşur. Elektronlar, elektriksel kuvvetin etkisiyle üretecin negatif kutbuna bağlanan levhaya doğru hareket eder. Elektronların bu hareketi, üretecin negatif kutbunun ve levhanın elektriksel potansiyeli eşitleninceye kadar devam eder. Üretecin negatif (-) kutbuna bağlı olan levha negatif (-) yüklenir. Üretecin pozitif kutbuna bağlanan diğer levhada da bu kez elektronlar, levhadan üretece doğru hareket eder. Üretecin pozitif (+) kutbuna bağlı olan levha pozitif (+) yüklenir. Bu süreç sonunda sığacın levhaları arasındaki potansiyel farkı, üretecin uçları arasındaki potansiyel farkına eşit olur. Her bir levhanın depoladığı yük miktarı (q), levhalar arasındaki potansiyel farkı (V) ile doğru orantılıdır. Buna göre

$$q = C \cdot V$$

bağıntısı elde edilir.

Sığaç yüklendikten sonra üreteçten ayrılmadığı sürece levhalar arasındaki uzaklığın ya da levhalar arasındaki dielektrik maddenin değiştirilmesi, sığacın levhaları arasındaki potansiyel farkını değiştirmez ancak sığacın sığası, yükü ve enerjisi değişir. Sığaç yüklendikten sonra üreteçten ayrıldığında yükünü korur. Bu durumda levhalar arasındaki uzaklığın ya da dielektrik maddenin değiştirilmesi yük miktarını değiştirmez. Ancak bu durum sığacın sığasını, levhalar arasındaki potansiyel farkını ve enerjisini değiştirir.

2.16. Örnek



Şekildeki kondansatörün levhaları, V potansiyel farkı oluşturan bir üretece bağlanıp d kadar uzaklığa sabitlendiğinde levhalar arasında E büyüklüğünde düzgün elektrik alan oluşmaktadır. Levhalar arasındaki ortam ve levhaların yüzey alanları değiştirilmeden aralarındaki d uzaklığı artırıldığında

a) Kondansatörün sığası C nasıl değişir? Açıklayınız.

b) Elektrik alan büyüklüğü E nasıl değişir? Açıklayınız.

c) Kondansatörde depolanan yük miktarı q nasıl değişir? Açıklayınız.

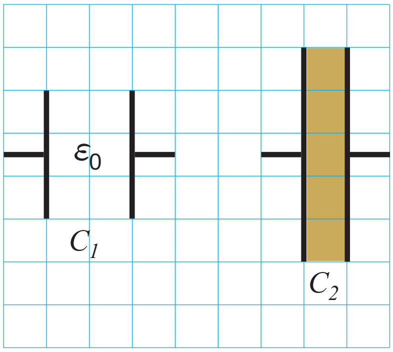
Çözüm

a) $C = \varepsilon \cdot \dfrac{A}{d}$ bağıntısına göre d artarsa C azalır.

b) $E = \dfrac{V}{d}$ bağıntısına göre d artarsa E azalır.

c) $q = C \cdot V$ bağıntısına göre C azalacağından q azalır.

2.15. Soru

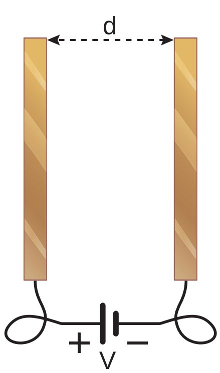


Levhalarının yüzeyi kare olan kondansatörlerin düşey kesitleri şekildeki gibidir. Dielektrik katsayısı ε_0 olan hava ortamındaki kondasatörün sığası C_1 olarak verilmiştir.

Sığası C_2 olan kondansatörde ise hava ortamına göre 2 kat daha yalıtkan bir ortam kullanıldığına göre $\frac{C_1}{C_2}$ oranı kaçtır?

Cevap

2.16. Soru



Kondansatörün levhaları, potansiyel farkı V olan bir üretece bağlanıp d kadar uzaklığa sabitlenmiş ve kondansatör yüklendikten sonra üreteçten ayrılmıştır. Levhalar arasında oluşan düzgün elektrik alanın büyüklüğü E ise levhalar arasındaki ortam ve levhaların yüzey alanı değiştirilmeden aralarındaki d uzaklığı artırıldığında

a) Kondansatörün kapasitesi C nasıl değişir? Açıklayınız.

b) Elektrik alan E nasıl değişir? Açıklayınız.

c) Kondansatörde depolanan yük miktarı q nasıl değişir? Açıklayınız.

Cevap

ARAŞTIR-I-YORUM

İçerik	*Sığaçların teknolojideki kullanım alanlarını araştırma.*
Süre	*15 gün*
Yetkinlikler	*Matematiksel yetkinlik ve bilim/teknolojide temel yetkinlikler, öğrenmeyi öğrenme.*
Beklenen Performans	*Araştırma yapma, rapor hazırlama, sunum yapma.*
Yönerge	*Araştırma Formu* *Sığaçların teknolojideki kullanım alanlarını araştırınız. Araştırmanın sonucunda araştırma formunu doldurup sınıf ortamında paylaşınız. Değerlendirme bölümünde ise karekodda verilen öz değerlendirme formunu doldurunuz.*
Değerlendirme	*Öz değerlendirme formu için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz*

ARAŞTIR-I-YORUM

İçerik	*Elektrik yüklerinin nasıl depolanıp kullanılabileceğini tartışabilme ve elektrik enerjisi ile ilişkilendirebilme.*
Süre	*15 gün*
Yetkinlikler	*Matematiksel yetkinlik ve bilim/teknolojide temel yetkinlikler, öğrenmeyi öğrenme, sosyal ve vatandaşlıkla ilgili yetkinlikler.*
Beklenen Performans	*Araştırma yapma, rapor hazırlama, sunum yapma ve tartışma.*
Amaç	*Elektrik yüklerinin nasıl depolanıp kullanılabileceğine ilişkin bilgi edinebilme, elektrik enerjisi ile ilişkisi hakkında farkındalık oluşturabilme ve öneriler geliştirebilme.*

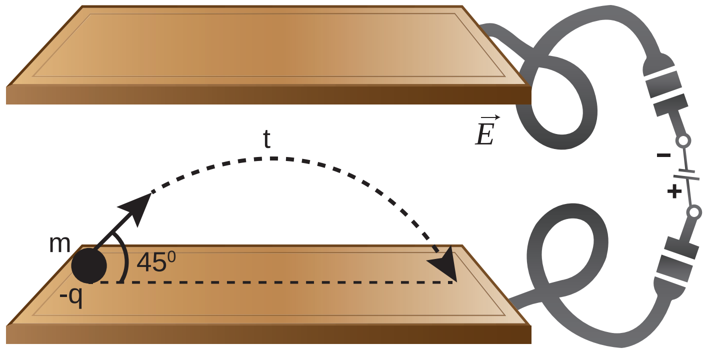
Yönerge: *Verilen metni inceleyiniz ve aşağıdaki adımları sırayla uygulayınız.*

Elektrik yüklerinin depolanmasındaki temel amaç enerji ihtiyacını karşılayabilmektir. Bu amaçla geliştirilen elektrik enerjisi depolama sistemlerinin

- Yüksek depolama kapasiteli,
- Verimli,
- Enerji kayıpları az,
- Uzun ömürlü,
- Ucuz olması beklenmektedir.

1. Bu kriterleri göz önünde bulundurarak elektrik enerjisi depolama sistemleri hakkında araştırma yapınız.
2. Araştırmalarınız doğrultusunda sunum hazırlayınız ve bu sunumu sınıf arkadaşlarınızla paylaşınız.
3. Elektrik enerjisi depolama sistemlerinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlarını tartışınız.
4. Ülkemizde hangi elektrik enerjisi depolama sistemi kullanılırsa daha verimli olur?Arkadaşlarınızla tartışınız.
5. Ortaya konulan fikir ve önerileri rapor hâline getiriniz.

FİNAL SORUSU



Ağırlığı ihmal edilen özdeş iki iletken paralel levha bir üretece bağlanıp yere paralel olarak sabitlenmiştir. Levhalar arasında bulunan m kütleli ve -q yüküne sahip parçacık, yatayla 45° açı yapacak biçimde eğik olarak atıldığında şekilde verilen yörüngeyi izleyerek t süre sonra tekrar levhaya çarpmıştır.

Levhalar arasındaki elektrik alan E büyüklüğünde olduğuna göre parçacığın havada kalma süresini (t); yataydaki çizgisel momentum (P), yük (q) ve levhaların arasındaki elektrik alan (E) büyüklüğü cinsinden yazınız.

3. BÖLÜM ÇALIŞMA SORULARI

1. Soru

Sığaçlar elektronik devre elemanlarından biridir. Günlük yaşamda kullanılan elektronik cihazların çoğunun içerisinde sığaçlar bulunur.

Buna göre

I. Radyo alıcılarının frekans ayar sistemi
II. Bilgisayar klavyesi
III. Elektroşok cihazları
IV. Araba sileceği

araçlarından hangilerinde sığanın işlevinden yararlanılmıştır?

2. Soru

Yüklü, paralel ve iletken levhalar bir üretece bağlandığında levhaların depolayacağı yük miktarı

I. Üretecin potansiyeli
II. Levhalar arasındaki uzaklık
III. Levhaların yüzey alanı
IV. Levhalar arasındaki ortamın elektriksel geçirgenliği

ifadelerinden hangisi ya da hangilerine bağlıdır?

3. Soru

Tabloda K, L ve M sığaçlarına ait bazı veriler gösterilmiştir.

Sığaç	Ortamın Elektriksel Geçirgenliği	Levhaların Yüzey Alanı	Levhalar Arası Uzaklık
K	ε	A	2d
L	2ε	A	d
M	ε	4A	2d

Bu sığaçların sığaları sırasıyla C_K, C_L ve C_M olduğuna göre bunların büyüklüklerini küçükten büyüğe doğru sıralayınız.

4. Soru

Levhaları arasında hava bulunan ve sığası C olan bir sığaç, potansiyel farkı V olan üretece bağlanmıştır. Sığaç q yükü ile yüklendikten sonra önce üreteçle bağlantısı kesilmiş daha sonra levhaları arasına dielektrik katsayısı havanın dielektrik katsayısından büyük olan bir madde yerleştirilmiştir.

Buna göre sığacın yük miktarını, levhalar arasındaki potansiyel farkını ve sığasındaki değişimi üreteç bağlantısı kesilmeden önceki durumu ile kıyaslayınız.

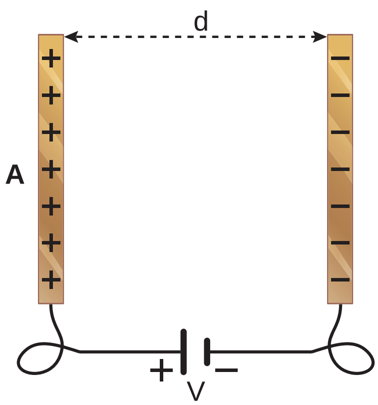
Devam ediyor.

5. Soru

Aşağıdaki ifadelerden hangileri sığaç birimi olarak kullanılabilir? Doğru şeçeneği (✓) işaretleyerek cevabınızı açıklayınız.

I. farad
II. newton/coulomb
III. coulomb/volt
IV. mikrocoulumb/metre

6. Soru

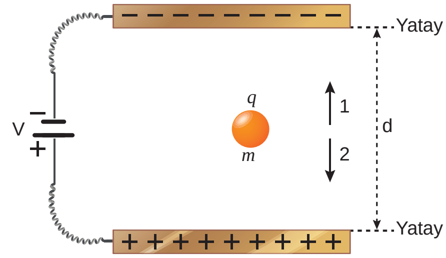


Potansiyel farkı V olan üretece bağlı sığacın sığası C, yükü q kadardır. Sığacın levhalarının alanları A ve levhalar arasındaki uzaklık d değişmezken levhalar arasındaki yalıtkan ortamın dielektrik kat sayısı ε azaltılıyor.

İlk duruma göre

a) Sığacın sığası nasıl değişir?
b) Levhalar arasındaki potansiyel fark nasıl değişir?
c) Sığacın yükü nasıl değişir?
ç) Levhalar arasındaki elektrik alan nasıl değişir?

7. Soru



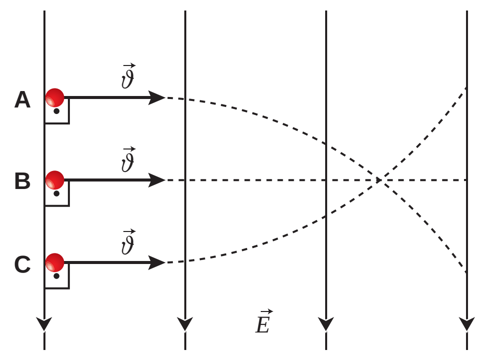
Düşey düzlemde birbirine paralel ve üretece bağlanarak yüklenmiş iki levha arasındaki m kütleli q yüküne sahip cisim, şekildeki gibi dengededir. Aşağıdaki tabloda cisim ve levhalarla ilgili değişiklikler verilmiştir.

Buna göre yapılan değişiklik sonucunda yüklü cismin hangi yönde hareket edeceğini ve elektriksel kuvvetinin durumunu tablodaki ilgili boş bırakılan alanlara yazınız.

(Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

Yapılan Değişiklik	Cismin Hareket Yönü	Elektriksel Kuvvetin Değişimi
Cismin Yük Miktarını Arttırmak		
Levhalar Arasındaki Uzaklığı Azaltmak		
Cismin Yük İşaretini Değiştirmek		

8. Soru



Ağırlıkları ihmal edilen A, B ve C parçacıkları $\vec{\vartheta}$ hızı ile elektrik alana dik olacak şekilde fırlatıldıklarında şekildeki yörüngeleri izlemektedirler.

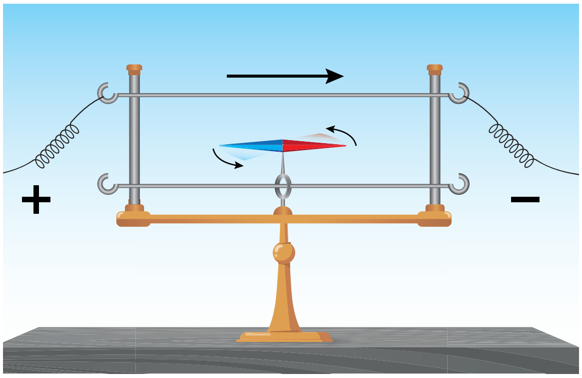
Buna göre A, B ve C parçacıklarının yük işaretlerini belirleyiniz.

2.4. MANYETİZMA VE ELEKTROMANYETİK İNDÜKLENME

HAZIR MISINIZ?

TESADÜFE BAK!

Aslında tesadüfler bilimde küçümsenemeyecek derecede önemlidir. Bir tesadüf ve tabii biraz da dikkat, yaşamı etkileyecek derecede önemli bir bilgi sunabilir. 1700'lü yılların sonlarına doğru fizikçi Charles Augustin de Coulomb elektrik ve manyetik kutupların fiziksel özelliklerini incelemiş, kendi adıyla anılan Coulomb Yasası'nı açıklamış ama elektrik ve manyetizma arasındaki bağlantıyı fark edememiştir. Fakat 1820'de fizikçi Hans Christian Orsted (Hens Kıristiyen Örstö) elektrik ve manyetizma arasındaki ilişkiyi keşfetmek gibi bir amacı olmamasına rağmen bir ders sırasında üzerinden elektrik akımı geçen telin yakınındaki pusula iğnesinin kımıldadığını fark etmiştir. Böylece Orsted, tesadüfen elektrik ve manyetizma arasındaki ilişkiyi keşfetmiştir. Şekilde verilen deney düzeneğini, bu keşfi meslektaşlarına ispatlamak için kullanmıştır.



Hans Christian Orsted'nün elektrik ve manyetizma arasındaki ilişkiyi gösteren deneyin temsilî görseli

Orsted'nün keşfinden sonra Andre Marie Ampere (Andre Meri Amper), üzerinden akım geçen iki telin akım yönlerine bağlı olarak birbirine çekme ya da itme kuvveti uyguladığını keşfederken Michael Faraday (Maykıl Feredey) elektrik akımının manyetik etkisinden yararlanarak hareket enerjisi elde etmeyi başarmıştır. Faraday, bununla da yetinmeyip manyetizma ve hareket enerjisini kullanan mekanik bir sistem tasarlayıp elektrik enerjisi de elde etmiştir.

1. soru: Metinde geçen Michael Faraday'in tasarladığı sistemler, günümüzde hangi isimlerle anılmaktadır? Bu sistemlerin günümüzdeki kullanım alanlarını yazınız.

....

....

....

....

2. soru: Sizce ilk soruda bulduğunuz kullanım alanlarından hangileri elektrik ve manyetizma arasındaki ilişkinin önemini daha iyi anlamanıza yardımcı olmuştur? Açıklayınız.

....

....

....

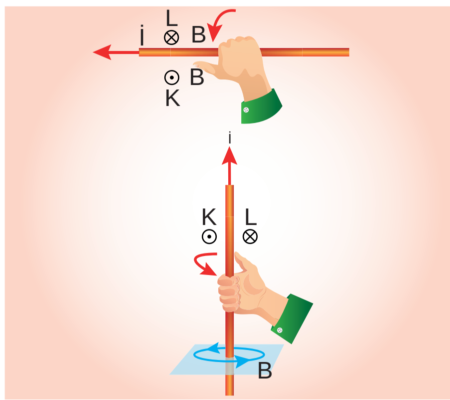
....

2.4.1. ÜZERİNDEN AKIM GEÇEN İLETKEN DÜZ BİR TELİN ÇEVRESİNDE, HALKANIN MERKEZİNDE VE AKIM MAKARASININ (BOBİN) MERKEZ EKSENİNDE OLUŞAN MANYETİK ALAN

A) Üzerinden Akım Geçen İletken Düz Bir Telin Çevresinde Oluşan Manyetik Alan

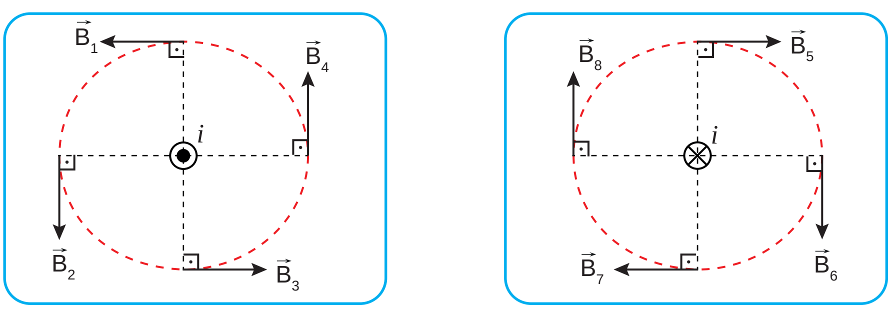
Üzerinden elektrik akımı geçirilen iletken düz bir telin çevresinde merkezi tel olan çember biçiminde manyetik alan oluşur. Oluşan bu manyetik alanın yönü, sağ el kuralı olarak bilinen bir yöntemle bulunabilir. Bu kurala göre sağ elin başparmağı, akımın yönünü gösterecek şekilde iletken tel avuç içine alınırsa teli saran dört parmak, iletken telin çevresinde oluşan manyetik alanın yönünü gösterir. Manyetik alan $\vec{B}$ sembolü ile ifade edilir ve SI birim sisteminde birimi tesladır (T).

Şekil 2.26' daki gibi sayfa düzleminde bulunan iletken düz bir telin çevresinde oluşturduğu manyetik alan, tel boyunca teli çevreleyen sonsuz çemberlerden oluşur. Manyetik alan vektörleri akım geçen tele her noktada dik olur. Bu manyetik alan, sağ el kuralı ile bulunduğunda telin bir tarafında sayfa düzleminden içe (L), diğer tarafında sayfa düzleminden dışa (K) doğru yönelir.



Şekil 2.26: *Sayfa düzleminde bulunan üzerinden akım geçen düz tellerin çevresindeki manyetik alanın sağ el kuralı ile gösterimi*

Şekil 2.27'deki gibi sayfa düzlemine dik olarak yerleştirilerek üzerinden akım geçirilen düz telin çevresinde oluşturduğu manyetik alan, sayfa düzleminde sonsuz çemberlerden oluşur. Herhangi bir noktadaki manyetik alan vektörü, akım geçen tele diktir.

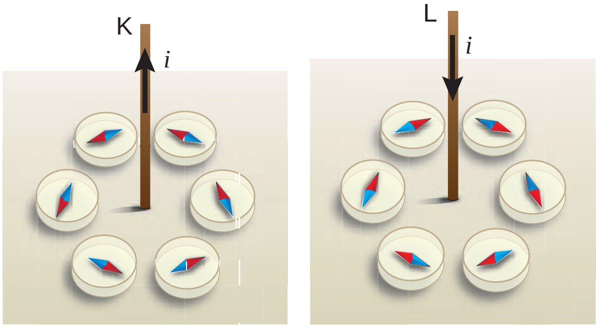


a) *Sayfa düzlemine dik dışa doğru akım geçen tel*

b) *Sayfa düzlemine dik içe doğru akım geçen tel*

Şekil 2.27: *Sayfa düzlemine dik olarak yerleştirilen ve üzerinden akım geçirilen düz telin çevresinde oluşan manyetik alan vektörleri*

Oluşan bu çembersel yörünge, akım taşıyan düz telin etrafına pusulalar yerleştirildiğinde pusula iğnelerinin yöneliminden de gözlemlenebilir (Şekil 2.28).



a) Sayfa düzlemine dik, dışa doğru akım geçen tel ve pusulalar *b) Sayfa düzlemine dik, içe doğru akım geçen tel ve pusulalar*

***Şekil 2.28:** Sayfa düzlemine dik doğrultuda üzerlerinden akım geçen teller ve pusulalar*

Bir mıknatısın hava ortamında herhangi bir d mesafesinden demir bir cisme uyguladığı çekme kuvveti ile su ortamında aynı mesafeden aynı demir cisme uyguladığı çekme kuvveti arasında da büyüklük farkı olur. Bu durum, mıknatısın manyetik alanının ortamdan etkilendiği anlamına gelir.

Benzer bir durum, üzerinden akım geçen iletken düz telin çevresinde oluşan manyetik alan için de geçerlidir. Bazı ortamlar manyetik alanı kuvvetlendirirken bazı ortamlar zayıflatabilir. Ortamın bu özelliğine **manyetik geçirgenlik** denir. Boşluğun manyetik geçirgenliği μ_0 sembolü ile gösterilir ve değeri

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ dir.

Boşluğun manyetik geçirgenlik katsayısı, hava ortamının manyetik geçirgenlik katsayısına çok yakın değerde olduğundan boşluk ve hava ortamının manyetik geçirgenlikleri eşit kabul edilir.

Hava ortamında bulunan üzerinden i akımı geçen düz telden d kadar dik uzaklıkta oluşan manyetik alanın büyüklüğü

$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi \cdot d}$ bağıntısı ile bulunur.

Manyetik alanın büyüklüğü bulunurken genelde manyetik alan sabiti (K) kullanılır. Hava ortamında manyetik alan sabiti manyetik geçirgenliğe bağlı olarak

$$K = \frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \quad veya \quad K = 10^{-7} \frac{N}{A^2}$$

şeklinde ifade edilir. Buradan manyetik alanın büyüklüğü

$B = \frac{K \cdot 2i}{d}$ bağıntısından bulunur.

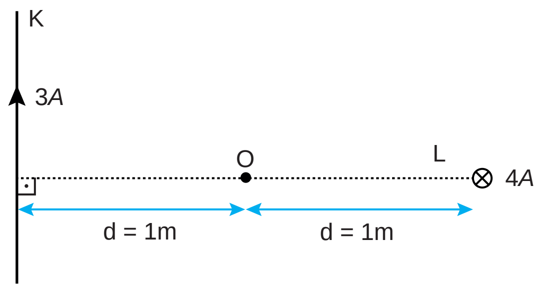
! DİKKAT

Yerin manyetik alanı tüm sistemleri etkilemektedir. Fakat kitabın "Manyetizma ve Elektromanyetik indükleme" bölümünde bu etki ihmal edilecektir.

10. UYGULAMA

Boş bir A4 kâğıdına çember çiziniz. Bir kalemi çizdiğiniz çemberin ortasından kâğıdı delerek yüzeye dik olarak sabitleyiniz. Çember üzerinde rastgele seçtiğiniz dört noktada bulunan manyetik alan vektörlerini sağ el kuralını kullanarak çiziniz. Çizdiğiniz çemberin yarıçapı daha büyük ya da daha küçük olsaydı yönünü bulduğunuz manyetik alan vektörlerinin büyüklükleri nasıl değişirdi? Arkadaşlarınızla tartışınız.

2.17. Örnek



Üzerinden 3A akım geçen sayfa düzlemindeki K düz teli ile üzerinden 4A akım geçen sayfa düzlemine dik içe doğru yerleştirilmiş L düz telinin O noktasında oluşturdukları bileşke manyetik alan büyüklüğü kaç T olur?

$(K = 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ alınız.)

Çözüm

Sağ el kuralına göre K telinin O noktasında oluşturduğu manyetik alan $(\vec{B}_K)$, sayfa düzleminden ⊗ içe doğrudur. Büyüklüğü ise

$B = \frac{K \cdot 2i}{d}$ bağıntısından

$B_K = \frac{10^{-7} \cdot 2 \cdot 3}{1} = 6 \cdot 10^{-7}\, T$ bulunur.

L telinin O noktasında oluşturduğu manyetik alan $(\vec{B}_L)$,

sayfa düzleminde ↑ yukarıya doğrudur. Büyüklüğü ise

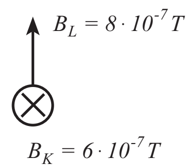
$B_L = \frac{10^{-7} \cdot 2 \cdot 4}{1} = 8 \cdot 10^{-7}\, T$ bulunur.

Manyetik alan vektörel bir büyüklük olduğundan K ve L telinin O noktasında oluşturduğu bileşke manyetik alan

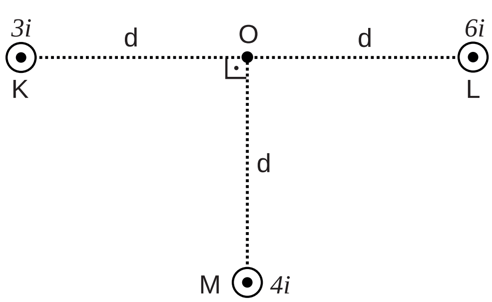
$\vec{B} = \vec{B}_K + \vec{B}_L$ olur.

$\vec{B}_K$ ve $\vec{B}_L$ arasındaki açı 90° olduğundan Pisagor işlemi sonucunda

$B = 10 \cdot 10^{-7} = 10^{-6}\, T$ bulunur.



2.17. Soru

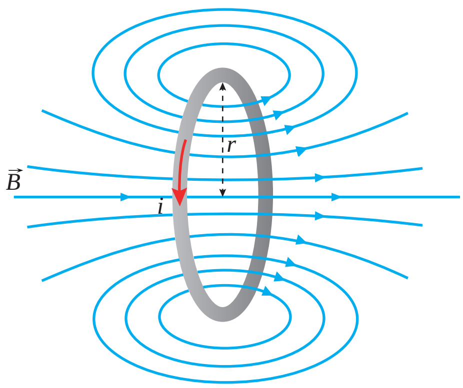


Üzerlerinden sayfa düzlemine dik dışa doğru akım geçen K, L ve M tellerinin akımları sırasıyla 3i, 6i ve 4i'dir. **Buna göre tellere dik uzaklığı d olan O noktasındaki manyetik alanın büyüklüğü kaç $\frac{K \cdot i}{d}$ olur?**

Cevap

B) Üzerinden Akım Geçen İletken Halkanın Merkezinde Oluşan Manyetik Alan

Üzerinden elektrik akımı geçen iletken düz bir tel bükülerek halka şekline getirildiğinde çevresinde manyetik alan oluşturur. Manyetik alan çizgileri halkanın merkezinde toplandığından burada manyetik alan en büyük değere sahip olur (Şekil 2.29).



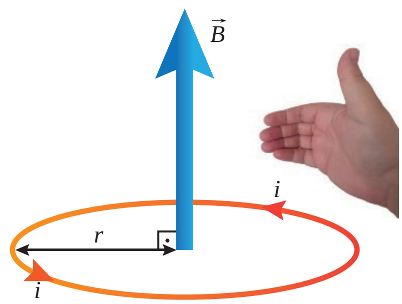
Şekil 2.29: Üzerinden akım geçen iletken halkanın manyetik alan çizgileri

Üzerinden akım geçen iletken halkanın merkezindeki manyetik alanın büyüklüğü B; iletken üzerinden geçen akımın büyüklüğüne (i), halkanın yarıçap uzunluğuna (r) ve ortamın manyetik geçirgenliğine bağlıdır.

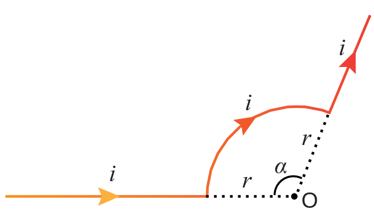
Halkanın manyetik alanının büyüklüğü

$B = \frac{K \cdot 2\pi \cdot i}{r}$ bağıntısı ile bulunur.

Halkanın merkezindeki manyetik alanın yönü sağ el kuralı yardımıyla bulunur. Sağ el kuralına göre sağ elin dört parmağı akımın dönme yönünü gösterecek şekilde konumlandırıldığında sağ elin başparmağı halkanın merkezinde oluşan manyetik alanın yönünü gösterir (Şekil 2.30).



Şekil 2.30: Üzerinden akım geçen iletken halkanın merkezindeki manyetik alan yönünün sağ el kuralı ile bulunması



Şekil 2.31: Yarıçapı r olan halkanın bir bölümü

Şekil 2.31'deki gibi tam halka şeklinde olmayan telin üzerinden elektrik akımı geçirildiğinde oluşan manyetik alanın büyüklüğü

$B = \frac{K \cdot 2\pi \cdot i}{r} \cdot \left(\frac{\alpha}{360}\right)$

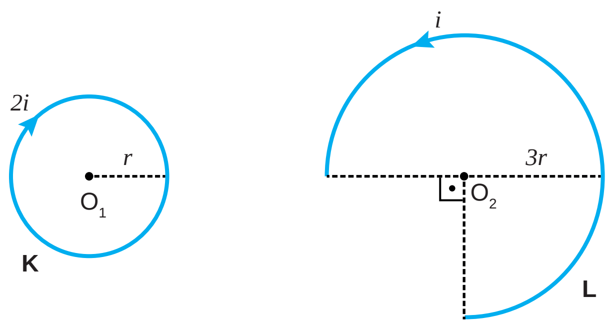
bağıntısı ile hesaplanabilir.

Örneğin yarım halkanın manyetik alan büyüklüğü için

$B = \frac{K \cdot 2\pi \cdot i}{r} \cdot \left(\frac{180}{360}\right) = \frac{K \cdot 2\pi \cdot i}{r} \cdot \frac{1}{2} = \frac{K \cdot \pi \cdot i}{r}$ bağıntısı kullanılır.

Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

2.18. Örnek



Sayfa düzleminde bulunan K ve L iletken tellerinin üzerinden sırasıyla 2i ve i elektrik akımı geçmektedir.

r yarıçaplı K telinin O_1merkezinde oluşturduğu manyetik alan $\vec{B}$ olduğuna göre 3r yarıçaplı L telinin O_2 merkezinde oluşturduğu manyetik alan kaç $\vec{B}$ olur?

Çözüm

K telinin merkezinde oluşan manyetik alanın yönü sağ el kuralına göre sayfa düzlemine dik ⊗ içe doğru bulunur. Bu manyetik alanın büyüklüğü

$B_K = \frac{K \cdot 2\pi \cdot 2i}{r} = \frac{4K\pi i}{r} = B$ olur.

L telinin merkezinde oluşan manyetik alanın yönü sağ el kuralına göre sayfa düzlemine dik ⊙ dışa doğru bulunur. Bu manyetik alanın büyüklüğü

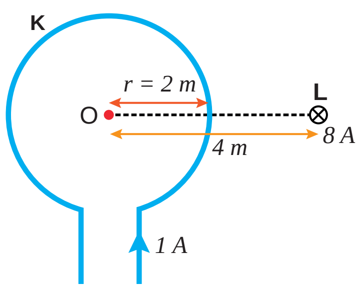
$B_L = \frac{K \cdot 2\pi \cdot i}{3r} \cdot \left(\frac{270}{360}\right) = \frac{K \cdot \pi \cdot i}{2r}$ olarak bulunur.

K ve L tellerinin merkezlerindeki manyetik alan büyüklükleri arasında

$B_L = \frac{B}{8}$ ilişkisi bulunur.

Sağ el kuralına göre L telinin merkezinde oluşan manyetik alan, K telinin merkezinde oluşan manyetik alanın tersi yönünde olduğundan L telinin merkezinden oluşan manyetik alan $\frac{-\vec{B}}{8}$ olur.

2.18. Soru



Şekildeki gibi sayfa düzleminde bulunan 2 m yarıçaplı K halkasından 1 A ve sayfa düzlemine dik içe doğru akım taşıyan düz L telinden 8 A akım geçmektedir.

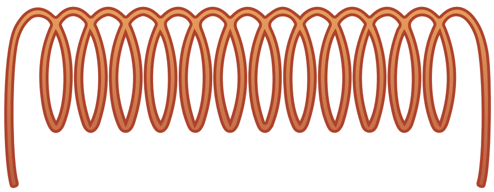
L telinin K halkasının merkezine (O) uzaklığı 4 m olduğuna göre K halkasının merkezinde oluşan manyetik alan kaç tesla olur?

$\left(K = 10^{-7}\frac{T \cdot m}{A}; \pi = 3 \text{ alınız.}\right)$

Cevap

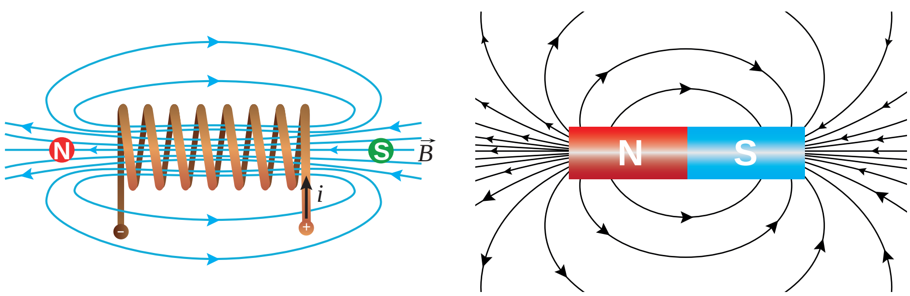
C) Üzerinden Akım Geçen Akım Makarasının (Bobin) Merkez Ekseninde Oluşan Manyetik Alan

Üzerinden elektrik akımı geçirilen düz tel bükülerek halka şekline getirildiğinde bu halkanın etrafında ve merkezinde manyetik alan oluşmaktadır. Benzer şekilde üzerinden elektrik akımı geçirilen düz tel, yan yana birden fazla halka oluşturacak şekilde bükülürse oluşan bu şekle akım makarası, **bobin** veya **selenoid** denir (Şekil 2.32).



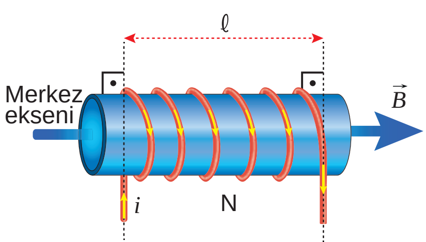
Şekil 2.32: *Akım makarası*

Akım makarasının çevresinde tek halkada olduğu gibi manyetik alan oluşur. Bu manyetik alan merkez ekseni üzerinde en büyük değere sahiptir. Şekil 2.33'teki gibi akım makarasının manyetik alanı bir mıknatısın çevresinde oluşturduğu manyetik alanla benzerlik gösterir. Akım makarası bu özelliği ile elektromıknatıs olarak kullanılır.



a) *Akım makarasının manyetik alan çizgileri* ***b)*** *Mıknatısın manyetik alan çizgileri*

Şekil 2.33: *Akım makarası ve mıknatısın manyetik alan çizgileri*



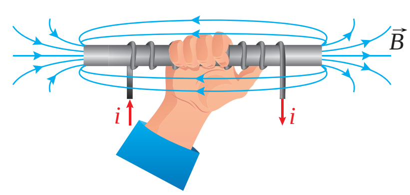
Şekil 2.34: *Akım makarasının değişkenlerinin sembolik gösterimi*

Akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alanın büyüklüğü (B); üzerinden geçen elektrik akımının büyüklüğüne (i), sarım sayısına (N), sarım uzunluğuna (ℓ) ve ortamın manyetik geçirgenliğine bağlıdır (Şekil 2.34).

Üzerinden i akımı geçen N sarım sayısı ve ℓ sarım uzunluğuna sahip akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alanın büyüklüğü

$B = N \cdot \dfrac{K \cdot 4\pi \cdot i}{\ell}$ bağıntısı ile hesaplanır.

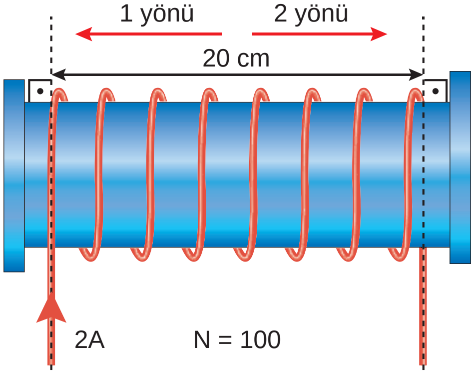
Bu manyetik alanın yönü sağ el kuralı yardımıyla bulunur. Sağ el kuralına göre sağ elin dört parmağı akımın dönme yönünü gösterecek şekilde konumlandırıldığında sağ elin başparmağı akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alanın yönünü gösterir (Şekil 2.35).



Şekil 2.35: *Akım makarasının manyetik alan çizgileri ve sağ el kuralı*

Konu ile ilgili video için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

2.19. Örnek



Sarım uzunluğu 20 cm olan 100 sarımlı akım makarasının üzerinden 2 A büyüklüğünde elektrik akımı geçmektedir.

Buna göre akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alanın yönü ve büyüklüğünü bulunuz.

$\left(K = 10^{-7}\,\dfrac{T \cdot m}{A}\right.$ *ve* $\left.\pi = 3 \text{ alınız.}\right)$

Çözüm

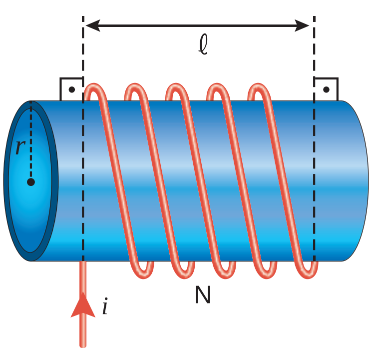
Akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alanın büyüklüğü

$B = N \cdot \dfrac{K \cdot 4\pi \cdot i}{\ell}$ bağıntısından

$B = 100 \cdot \dfrac{10^{-7} \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2}{0,2} = 120 \cdot 10^{-5} = 1,2 \cdot 10^{-3}\,T$ bulunur.

Manyetik alanın yönü sağ el kuralı yardımıyla bulunur. Sağ elin dört parmağı akım yönünde döndürülerek akım makarası avuç içinde konumlandırıldığında sağ elin başparmağının gösterdiği yön, 1 yönü olarak bulunur.

2.19. Soru



Şekildeki akım makarasının yarıçapı r, sarım uzunluğu ℓ, sarım sayısı N ve üzerinden geçen elektrik akımı i büyüklüğündedir. Akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alanın büyüklüğü B'dir.

Buna göre akım makarasının sarım uzunluğu değiştirilmeden sarım sayısı 4 N, yarıçapı 2r ve üzerinden geçen elektrik akımının büyüklüğü $\frac{3}{2}$i yapılırsa merkez ekseninde oluşan manyetik alanın büyüklüğü kaç B olur?

Cevap

Tablo 2.1: Düz Telin, Halkanın ve Akım Makarasının Oluşturduğu Manyetik Alan Bağıntıları

Telin Çevresindeki Manyetik Alan	Halkanın Merkezindeki Manyetik Alan	Akım Makarasının Merkez Eksenindeki Manyetik Alan
$B = \frac{K \cdot 2i}{d}$	$B = \frac{K \cdot 2\pi \cdot i}{r}$	$B = N \cdot \frac{K \cdot 4\pi \cdot i}{\ell}$

2.20. Örnek

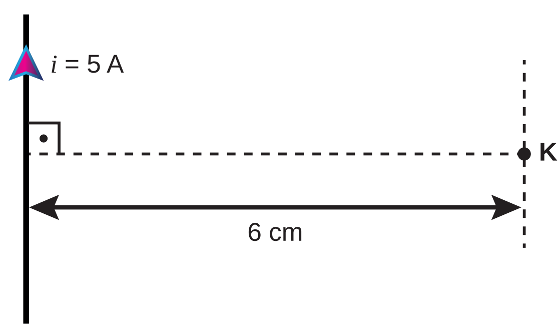
Üzerinden akım geçen düz telin, halkanın ve akım makarasının oluşturduğu manyetik alan büyüklüğünün akım büyüklüğü, uzaklık ve sarım sayısı değişkenlerinden ne şekilde etkilendiğini açıklayınız. Düz tel, halka ve akım makarasını etkileyen ortak değişken nedir?

Çözüm

Üzerinden akım geçen düz telin, halkanın ve akım makarasının oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğü, akım büyüklüğü ve sarım sayısı ile doğru, uzaklık ile ters orantılıdır. Akım büyüklüğünün artırılması, hepsinde manyetik alan büyüklüğünü artırır. Çünkü düz tel, halka ve bobin temelde tek bir iletken telden oluşmaktadır. Telden uzaklaştıkça manyetik alan büyüklüğü azaldığından uzaklık değişkeni ile manyetik alan büyüklüğü ters orantılıdır.

2.4.2. ÜZERİNDEN AKIM GEÇEN İLETKEN DÜZ BİR TELİN ÇEVRESİNDE, HALKANIN MERKEZİNDE VE AKIM MAKARASININ (BOBİN) MERKEZ EKSENİNDE OLUŞAN MANYETİK ALANLA İLGİLİ HESAPLAMALAR

2.20. Soru



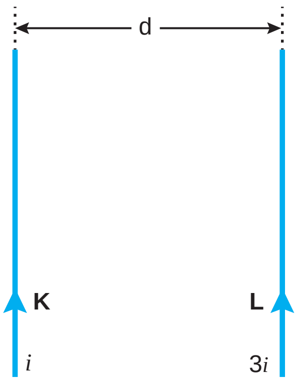
Sayfa düzleminde bulunan düz telden 5A büyüklüğünde akım geçmektedir.

Telden 6 cm dik uzaklıktaki K noktasında oluşan manyetik alanın büyüklüğünü ve yönünü bulunuz.

$(K = 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ *alınız.)*

Cevap

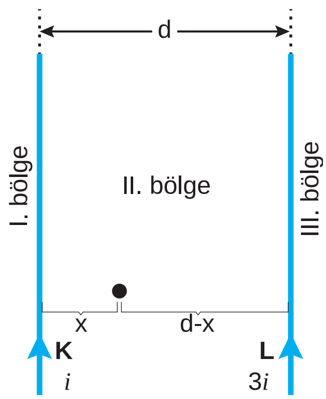
2.21. Örnek



Şekilde sayfa düzlemine yerleştirilmiş, aralarında d uzaklığı bulunan ve birbirine paralel K ve L iletken düz telleri verilmiştir.

K ve L tellerinin üzerinden sırasıyla *i* ve 3*i* büyüklüğünde elektrik akımı geçtiğine göre K telinden kaç d uzaklıkta manyetik alanın büyüklüğü sıfır olur?

Çözüm



Sağ el kuralı kullanıldığında I. bölgede her iki telin oluşturduğu manyetik alan ⊙ dışa doğru olacağından bu bölgede manyetik alan sıfır olmaz.

Benzer şekilde III. bölgede her iki telin oluşturduğu manyetik alan ⊗ içe doğru olacağından bu bölgede de manyetik alan sıfır olmaz.

II. bölgede K telinin oluşturduğu manyetik alan ⊗ içe doğru, L telinin oluşturduğu manyetik alan ⊙ dışa doğru olduğundan manyetik alanın sıfır olabileceği bölge burasıdır.

Manyetik alan büyüklüğünün sıfır olduğu yerin K telinden uzaklığına x dersek

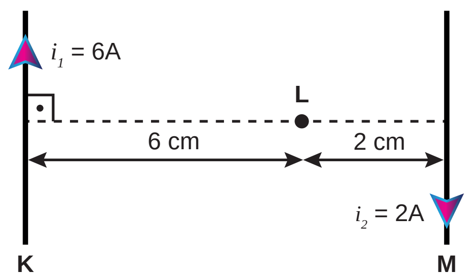
$B = \frac{K \cdot 2i}{d}$ bağıntısı kullanılarak K telinin manyetik alan büyüklüğü B_K ve L telinin manyetik alan büyüklüğü B_L olmak üzere

$$B_K = B_L$$

$$\frac{K \cdot 2i}{x} = \frac{K \cdot 2 \cdot 3i}{d - x} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{3}{d - x}$$

$$x = \frac{d}{4}$$ bulunur.

2.21. Soru



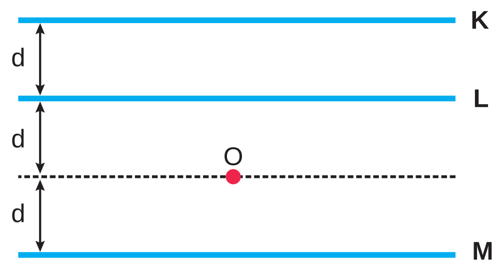
Birbirine paralel düz K ve M tellerinden sırasıyla $i_1 = 6$ A ve $i_2 = 2$ A'lik akımlar ters yönlerde geçmektedir.

L noktası K telinden 6 cm ve M telinden 2 cm uzaklıkta olduğuna göre L noktasındaki bileşke manyetik alanın büyüklüğünü ve yönünü bulunuz.

($K = 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ alınız.)

Cevap

2.22. Soru

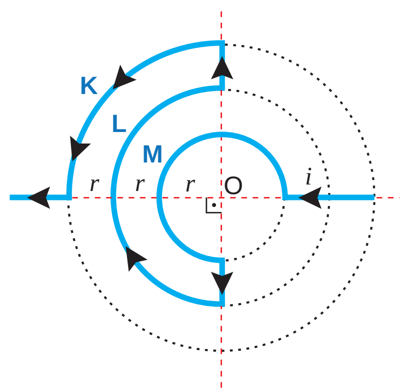


Yatay düzlemde bulunan birbirlerine paralel K, L ve M tellerinden elektrik akımı geçirildiğinde L telinin O noktasında oluşturduğu manyetik alan $\vec{B}$ olmaktadır.

K ve L tellerinin arasındaki uzaklık d, L ve M tellerinin arasındaki uzaklık ise 2d'dir. K, L ve M tellerinin O noktasında oluşturdukları bileşke manyetik alan $\vec{B}$ olduğuna göre K telininin üzerinden geçen akımın büyüklüğünün M telinin üzerinden geçen akımın büyüklüğüne oranı $\frac{i_K}{i_M}$ kaçtır?

Cevap

2.22. Örnek



Şekildeki gibi sayfa düzlemine bükülerek yerleştirilmiş telin üzerinden i büyüklüğünde elektrik akımı geçmektedir.

Buna göre O noktasında oluşan manyetik alanın büyüklüğü kaç $\frac{K \cdot i}{r}$ olur?

(π = 3 alınız.)

Çözüm

Telin düz olan bölümlerinin uzantısı O noktasından geçtiğinden O noktasında manyetik alan oluşturmazlar. O noktasındaki manyetik alan, telin halka parçası şeklinde bükülmüş bölümlerinden dolayı oluşur. Bu bölümlere K, L ve M isimleri verilir ve O noktasında oluşturdukları manyetik alanlar sırasıyla $\vec{B}_K$, $\vec{B}_L$ ve $\vec{B}_M$ olarak alınırsa

K bölümünün O noktasında oluşturduğu manyetik alan sayfa düzleminden dışa doğru ve büyüklüğü

$B = \frac{K \cdot 2\pi \cdot i}{r} \cdot \left(\frac{\alpha}{360}\right)$ bağıntısından $B_K = \frac{K \cdot 2 \cdot 3 \cdot i}{3 \cdot r} \cdot \left(\frac{90}{360}\right) = \frac{K \cdot i}{2 \cdot r}$ bulunur.

L bölümünün O noktasında oluşturduğu manyetik alan sayfa düzleminden içe doğru ve büyüklüğü

$B_L = \frac{K \cdot 2 \cdot 3 \cdot i}{2 \cdot r} \cdot \left(\frac{180}{360}\right) = \frac{3 \cdot K \cdot i}{2 \cdot r}$ bulunur.

M bölümünün O noktasında oluşturduğu manyetik alan sayfa düzleminden dışa doğru ve büyüklüğü

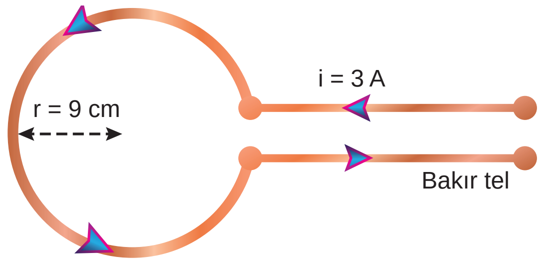
$B_M = \frac{K \cdot 2 \cdot 3 \cdot i}{r} \cdot \left(\frac{270}{360}\right) = \frac{9 \cdot K \cdot i}{2 \cdot r}$ bulunur.

O noktasındaki manyetik alanın büyüklüğü yönler dikkate alınarak

$$B_O = B_K - B_L + B_M = \frac{K \cdot i}{2 \cdot r} - \frac{3 \cdot K \cdot i}{2 \cdot r} + \frac{9 \cdot K \cdot i}{2 \cdot r}$$

$B_O = \frac{7 \cdot K \cdot i}{2 \cdot r}$ bulunur.

2.23. Soru



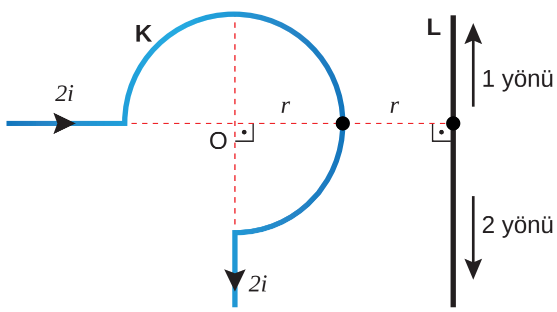
Üzerinden 3 A büyüklüğünde elektrik akımı geçen bakır bir tel, yarıçapı 9 cm olan bir halka şeklinde bükülmüştür.

Buna göre bu halkanın merkezindeki manyetik alanın yönünü ve büyüklüğünü bulunuz.

($K = 10^{-7}\,\frac{T \cdot m}{A}$ alınız.)

Cevap

2.24. Soru



Sayfa düzlemine yerleştirilmiş r yarıçaplı ve O merkezli bir iletken K halkasının $\frac{3}{4}$ lük kısmı şekildeki gibidir. K iletkeninden şekilde belirtilen yönde 2i akımı geçmektedir.

O noktasındaki bileşke manyetik alanın büyüklüğü sıfır olduğuna göre aynı düzlemde bulunan L düz telinden geçen akımın

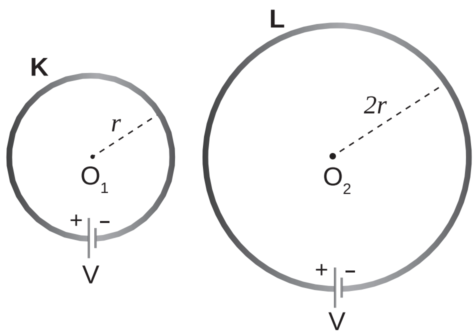
a) Yönünü bulunuz.

b) i cinsinden büyüklüğünü bulunuz.

(π=3 alınız.)

Cevap

2.25. Soru



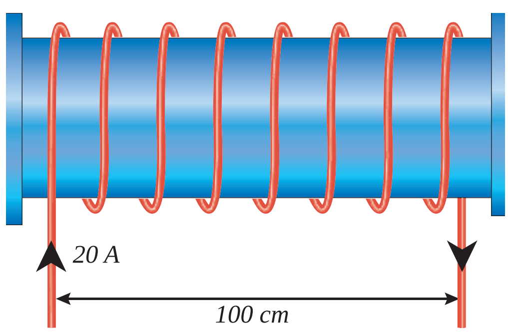
Şekilde aynı homojen telden kesilip bükülerek elde edilen K ve L iletken halkaları verilmiştir. O_1 merkezli r yarıçaplı K halkasına V potansiyel farkı uygulandığında halkanın merkezinde B büyüklüğünde manyetik alan oluşmaktadır.

Buna göre O_2 merkezli 2r yarıçaplı L halkasına V potansiyel farkı uygulandığında halkanın merkezinde oluşan manyetik alanın büyüklüğü kaç B olur?

(π=3 alınız.)

Cevap

2.26. Soru



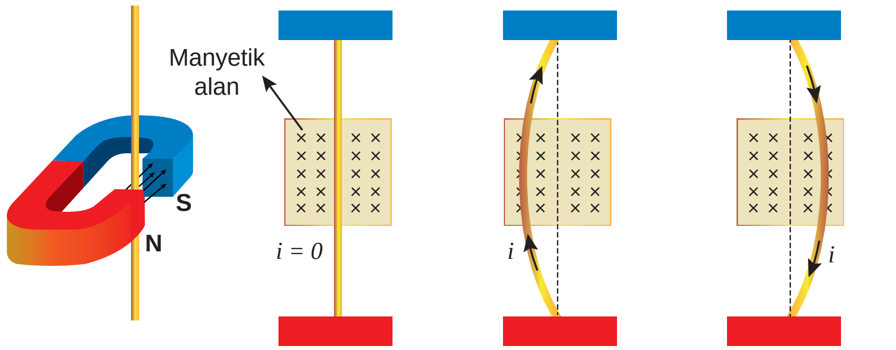
Üzerinden 20 A elektrik akımı geçirilen 200 sarımlı akım makarasının sarım uzunluğu 100 cm'dir.

Buna göre akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alanın büyüklüğü kaç tesla olur?

($K = 10^{-7}\ \frac{T \cdot m}{A}$; $\pi = 3$ alınız.)

Cevap

2.4.3. ÜZERİNDEN AKIM GEÇEN İLETKEN DÜZ TELE MANYETİK ALANDA ETKİ EDEN KUVVET



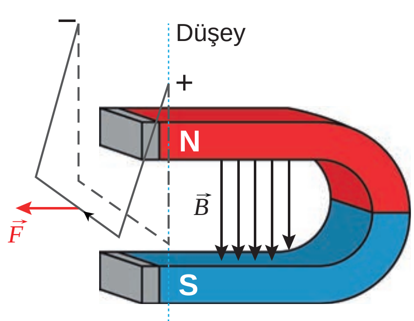
a) *Mıknatısın manyetik alanında bulunan üzerinden akım geçmeyen telin denge durumu*

b) *Mıknatısın manyetik alanında bulunan üzerinden akım geçen telin mıknatısın içine doğru bükülmesi*

c) *Mıknatısın manyetik alanında bulunan üzerinden akım geçen telin mıknatısın dışına doğru bükülmesi*

Şekil 2.36: *Mıknatısın manyetik alanında bulunan düz telin farklı durumları*

Bakır bir tel, mıknatısın etrafında durduğunda manyetik alanından etkilenmez ancak üzerinden akım geçtiğinde mıknatısın manyetik alanı nedeniyle itilir ya da çekilir. Şekil 2.36'da sabit manyetik alana sahip bir U mıknatısının kutupları arasına yerleştirilen düz iletken telin farklı durumları verilmiştir. Manyetik alan içerisine yerleştirilmiş bakır telin üzerinden akım geçmediğinde tel düşey konumda dengede kalır (Şekil 2.36.a). Tel, üzerinden akım geçirildiğinde ise mıknatısın içine ya da dışına doğru bükülür (Şekil 2.36.b ve Şekil 2.36.c). Telin farklı yönlere saparak dengelenmesinin nedeni telden farklı yönlerde akım geçmesidir. Newton'ın İkinci Hareket Yasası'na göre hareketsiz bir cismi harekete geçirebilmek için cisim üzerine net kuvvetin etki etmesi gerekir. Bakır teli mıknatısın içine ya da dışına doğru yönlendiren bu kuvvet **manyetik kuvvettir**.

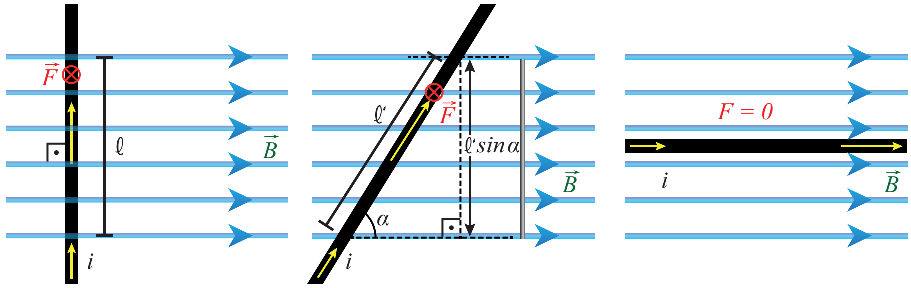


Şekil 2.37: *Manyetik alan içinde üzerinden akım geçen iletken tele etki eden kuvvet*

Düzgün manyetik alan içerisinde üzerinden akım geçen düz iletken tele etki eden kuvveti belirlemek için hazırlanan Şekil 2.37'deki düzenekte akım şiddeti artırıldığında telin düşey eksene uzaklığının arttığı gözlemlenmiştir. Telin düşey eksene uzaklığı, tele etki eden manyetik kuvvet ile ilişkilidir. Bu durumda telden geçen akım şiddeti tele etki eden manyetik kuvvet ile doğru orantılıdır. Düzenekte kullanılan mıknatısın yerine manyetik alanı daha büyük olan bir U mıknatıs kullanıldığında da telin düşey eksene uzaklığının arttığı gözlemlenmiştir. Üzerinden akım geçen tele etki eden kuvvet, manyetik alanının büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Ayrıca telin manyetik alan içinde kalan uzunluğu artarsa tele etki eden manyetik kuvvet de artar. Üzerinden akım geçen tele etki eden kuvvet, telin manyetik alan içindeki uzunluğu ile doğru orantılıdır.

Düzgün bir $\vec{B}$ manyetik alanı içerisine ℓ uzunluğunda ve üzerinden i akımı geçen manyetik alana dik düz bir tel yerleştirildiğinde bu tele etki eden manyetik kuvvetin büyüklüğü

$F = B \cdot i \cdot \ell$ bağıntısı ile bulunur.



a) *Manyetik alana dik olarak yerleştirilen tel*

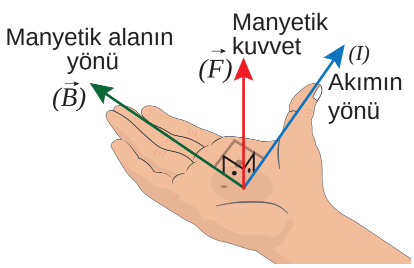
b) *Manyetik alana α açısı yapacak şekilde yerleştirilen tel*

c) *Manyetik alana paralel olarak yerleştirilen tel*

Şekil 2.38: *Düzgün manyetik alan içinde üzerinden akım geçen tellere etki eden manyetik kuvvet*

Tel, manyetik alana dik olarak yerleştirildiğinde manyetik kuvvetin büyüklüğü $F = B \cdot i \cdot \ell$ (sin 90° = 1) bağıntısıyla bulunur (Şekil 2.38.a).
Tel, manyetik alana α açısı yapacak şekilde yerleştirildiğinde manyetik kuvvetin büyüklüğü
$F = B \cdot i \cdot \ell' \cdot \sin\alpha$ bağıntısı ile bulunur (Şekil 2.38.b). Manyetik alana paralel yerleştirilen tele manyetik kuvvet etki etmez (Şekil 2.38.c).

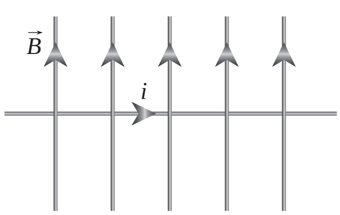
Düz iletken tele etki eden manyetik kuvvetin yönünü bulmak için sağ el kuralı kullanılır (Şekil 2.39). Buna göre sağ elin dört parmağı manyetik alan çizgilerinin yönünü, başparmağı telin üzerinden geçen akımın yönünü gösterecek şekilde tutulursa avuç içi, manyetik kuvvetin yönünü gösterir. Sağ el kuralına göre manyetik alan vektörü ($\vec{B}$), akım (i) ve manyetik kuvvet vektörü ($\vec{F}$) birbirine diktir.

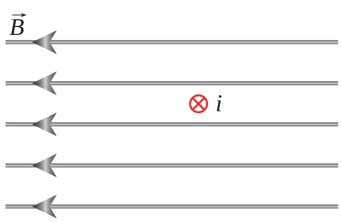


Şekil 2.39: *Manyetik alan içinde üzerinden akım geçen tele etki eden kuvvetin yönünü bulmak için sağ el kuralının gösterimi*

Konu ile ilgili video için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

2.23. Örnek



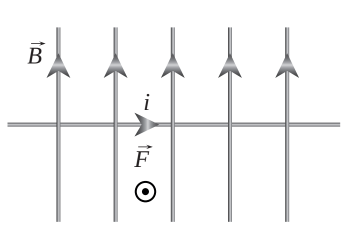


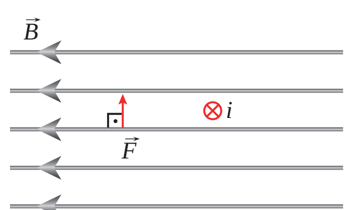
Düzgün $\vec{B}$ manyetik alanlarında bulunan tellerden şekildeki yönlerde i büyüklüğünde akımlar geçmektedir.

Buna göre tellere etkiyen manyetik kuvvetlerin yönü nedir?

Çözüm

Sağ el kuralına göre başparmak akımı, diğer dört parmak manyetik alanın yönünü göstermek üzere seçildiğinde avuç içi manyetik kuvvetlerin yönünü gösterir. Buna göre kuvvetlerin yönü yandaki şekillerdeki gibidir.



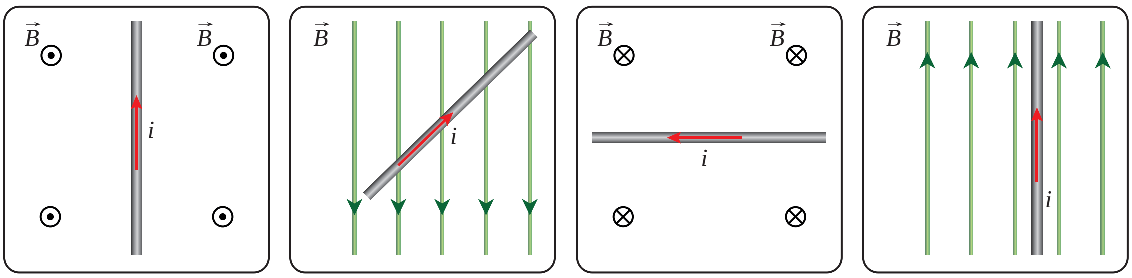


11. UYGULAMA

Boş bir A4 kâğıdına içinden akım geçen iletken bir teli temsil eden düz bir çizgi çiziniz. Akımın yönünü düz çizginin üzerinde ok işaretiyle gösteriniz. Elinizin tersini, başparmağınız düz çizgideki akımın yönünde ve çizgiye paralel olarak kâğıdın üzerine koyunuz. Başparmağınız diğer dört parmağınıza dik olacak biçimde elinizi kâğıt üzerinde açınız. Sağ el kuralına göre manyetik alan çizgileri ve manyetik kuvvetin yönünü belirtiniz.

2.27. Soru

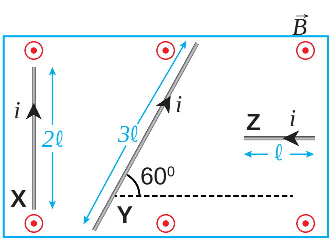
Üzerinden i akımı geçen teller, şekildeki gibi düzgün manyetik alan içindedir.



Buna göre tellere etki eden manyetik kuvvetlerin yönlerini çizerek gösteriniz.

Cevap

2.24. Örnek



Sayfa düzlemine dik düzgün $\vec{B}$ manyetik alanında bulunan X, Y ve Z telleri sırasıyla 2ℓ, 3ℓ ve ℓ uzunluğundadır.

a) X, Y ve Z telleri üzerinden i akımı geçtiğine göre tellere etki eden F_x, F_y ve F_z manyetik kuvvetlerinin büyüklükleri arasındaki ilişki nedir?

b) Manyetik alan büyüklüğü (B) ve elektrik akımının büyüklüğü (i) iki katına çıkarılsaydı tellerdeki manyetik kuvvetlerin büyüklüğü nasıl değişirdi?

Çözüm

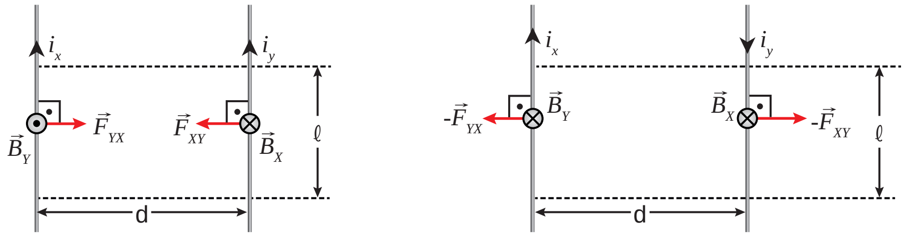
a) Akımlar her üç durumda da manyetik alana dik olduğundan $F = B \cdot i \cdot \ell$ bağıntısı kullanılır.

$F_x = B \cdot i \cdot 2\ell$ $\qquad F_y = B \cdot i \cdot 3\ell$ $\qquad F_z = B \cdot i \cdot \ell$'dir.

Buna göre $F_y > F_x > F_z$ dir.

b) Manyetik kuvvetler 4 katına çıkardı ancak sıralama değişmezdi.

B büyüklüğündeki düzgün manyetik alan içinde bulunan ℓ uzunluğundaki iletken telden i şiddetinde akım geçtiğinde tele manyetik kuvvet etki eder. Benzer şekilde üzerinden i_x ve i_y akımları geçen paralel iki iletken tel de birbirine manyetik kuvvet uygular. Şekil 2.40'ta üzerinden akım geçen paralel iki iletken telin birbirine uyguladığı manyetik kuvvetler gösterilmiştir.



a) Üzerinden aynı yönde akım geçen paralel iki telin birbirine uyguladığı manyetik kuvvetler

b) Üzerinden zıt yönde akım geçen paralel iki telin birbirine uyguladığı manyetik kuvvetler

***Şekil 2.40:** Üzerinden akım geçen paralel iki telin birbirine uyguladığı manyetik kuvvetler*

Şekil 2.40.a'daki gibi tellerin üzerinden aynı yönde akım geçtiğinde sağ el kuralına göre X teli, Y telinin üzerinde sayfa düzlemine dik ve içe doğru sabit büyüklükte $\vec{B}_X$ manyetik alanı oluşturur. X telinin oluşturduğu manyetik alan içinde kalan ve üzerinden akım geçen Y teline manyetik kuvvet etki eder. Y teline etki eden kuvvet $\vec{F}_{XY}$ olarak bulunur. Benzer şekilde Y teli de X telinin üzerinde sayfa düzlemine dik ve dışa doğru sabit büyüklükte $\vec{B}_Y$ manyetik alanı oluşturur. X teline etki eden manyetik kuvvet $\vec{F}_{YX}$ olarak bulunur. Bu kuvvetlerin etkisiyle teller birbirlerine çekme kuvveti uygular.

Şekil 2.40.b'deki gibi birbirine paralel iki iletken telin üzerinden zıt yönde akım geçtiğinde ise sağ el kuralı ile belirlenen kuvvetin yönü telleri birbirinden uzaklaştıracak yöndedir. Bu kuvvetlerin etkisiyle teller birbirlerine itme kuvveti uygular.

Newton'ın Üçüncü Hareket Yasası'na göre tellerin birbirlerine uyguladığı bu kuvvetler eşit büyüklükte ve zıt yönlerde olmalıdır. Buna göre

$\vec{F}_{XY} = -\vec{F}_{YX}$ şeklinde yazılır.

$F_{XY} = B_X \cdot i_Y \cdot \ell$ bağıntısında $B_X = \dfrac{K \cdot 2i_x}{d}$ yerine yazılırsa

$$F_{XY} = \frac{K \cdot 2i_X}{d} \cdot i_Y \cdot \ell = \frac{K \cdot 2i_X \cdot i_Y}{d} \cdot \ell$$ bulunur.

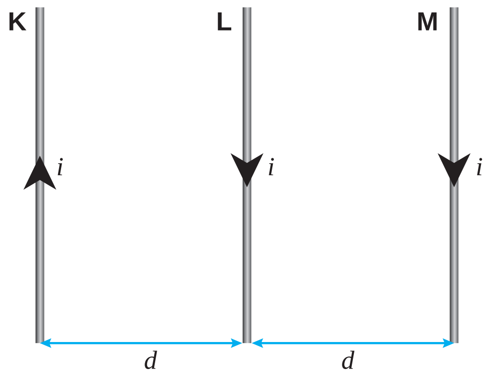
Benzer şekilde

$F_{YX} = B_Y \cdot i_X \cdot \ell$ bağıntısında $B_Y = \dfrac{K \cdot 2i_Y}{d}$ yerine yazılırsa

$$F_{YX} = \frac{K \cdot 2i_Y}{d} \cdot i_X \cdot \ell = \frac{K \cdot 2i_Y \cdot i_X}{d} \cdot \ell$$ bulunur.

Bu eşitliğe göre düz, iletken ve paralel iki telin birbirine uyguladığı manyetik kuvvetlerin büyüklüğü akım şiddetlerinin çarpımı ile doğru, tellerin arasındaki uzaklık ile ters orantılıdır.

2.25. Örnek

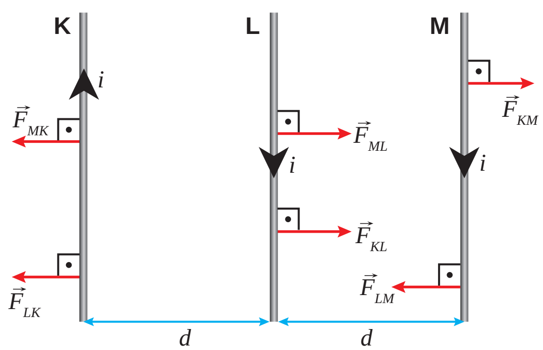


Aynı düzlemdeki ℓ uzunluğuna sahip birbirine paralel K, L ve M tellerinden şekilde verilen yönlerde i akımı geçmektedir.

Sağ el kuralını kullanarak K, L ve M tellerine etki eden manyetik kuvvetleri gösteriniz.

Çözüm

Her üç telin de birbiri üzerinde kuvvet etkisi bulunmaktadır. Buna göre teller üzerindeki kuvvetler

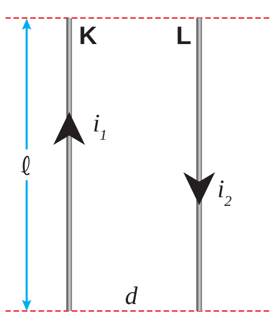


şeklinde gösterilir.

AKLINDA BULUNSUN

Paralel teller üzerinde geçen akımlar aynı yönlü ise teller birbirlerine çekme kuvveti, zıt yönlü ise itme kuvveti uygular.

2.28. Soru

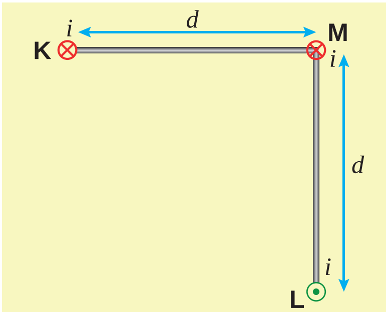


Aynı düzlemdeki ℓ uzunluğuna sahip birbirine paralel K ve L tellerinden oluşan düzenekte K ve L tellerinden sırasıyla i_1 ve i_2 akımı geçmektedir.

Tellere etki eden manyetik kuvvetin büyüklüğü F olduğuna göre F kuvvetinin büyüklüğünü arttırmak için düzenekte hangi değişiklikler yapılmalıdır? Açıklayınız.

Cevap

2.29. Soru



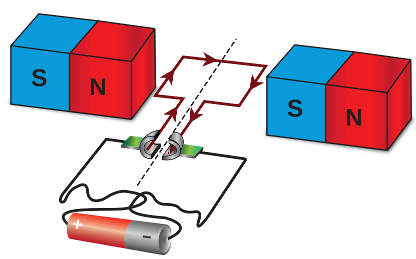
Sayfa düzlemine dik olarak yerleştirilen ℓ uzunluğunda K, L ve M tellerinin üzerinden i akımı geçmektedir.

K ve L'nin M teline uzaklığı d olduğuna göre K ve L tellerinin M teline uyguladığı bileşke manyetik kuvvet hangi yöndedir? Çizerek gösteriniz.

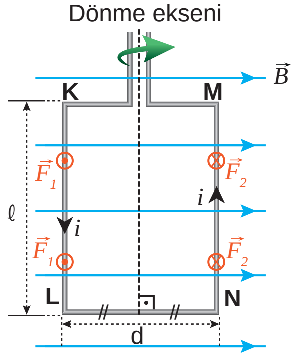
Cevap

2.4.4. MANYETİK ALAN İÇERİSİNDE ÜZERİNDEN AKIM GEÇEN DİKDÖRTGEN TEL ÇERÇEVEYE ETKİ EDEN KUVVETLERİN DÖNDÜRME ETKİSİ

Şekil 2.41'deki gibi düzgün manyetik alan içerisine yerleştirilmiş iletken dikdörtgen tel çerçevenin üzerinden akım geçmesi sağlanırsa çerçevenin kenarlarına manyetik kuvvet etki eder. Tel çerçeve, etki eden manyetik kuvvetlerin oluşturduğu tork nedeniyle dönmeye başlar. Basit bir elektrik motorunun çalışma prensibini veren bu düzenek, elektrik enerjisini hareket enerjisine dönüştürür.



***Şekil 2.41:** Basit elektrik motoru modeli*



***Şekil 2.42:** Düzgün manyetik alanda çerçeveye etki eden kuvvetler*

İletken düz bir tel Şekil 2.42'deki gibi tel çerçeve hâline getirilerek düzgün $\vec{B}$ manyetik alanına yerleştirilmiştir. Tel çerçevenin üzerinden verilen yönde i akımı geçtiğinde manyetik alana dik olan KL ve MN kenarlarına manyetik kuvvet etki ederken manyetik alana paralel olan KM ve LN kenarlarına etki etmez. Çerçevenin alan çizgilerine dik kenarlarına sağ el kuralı uygulandığında ise etki eden manyetik kuvvetlerin yönü Şekil 2.42'deki gibi olur. Bu kuvvetlerin büyüklükleri birbirlerine eşittir $(F_1 = F_2)$.

Çerçevenin ortasından geçen eksene göre $\vec{F_1}$ ve $\vec{F_2}$ kuvvetlerinin uyguladığı torkun büyüklüğü

$$\tau_1 = (B \cdot i \cdot \ell)\frac{d}{2}$$

$$\tau_2 = (B \cdot i \cdot \ell)\frac{d}{2}$$

olarak bulunur.

τ_1 ve τ_2 çerçevenin ortasından geçen dönme eksenine göre çerçeveyi aynı yönde döndürdüğünden çerçeveye etki eden toplam torkun büyüklüğü

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = (B \cdot i \cdot \ell)\frac{d}{2} + (B \cdot i \cdot \ell)\frac{d}{2}$$

$\tau = B \cdot i \cdot \ell \cdot d$ olur.

Çerçevenin alanı $A = \ell \cdot d$ olduğundan toplam torkun büyüklüğü

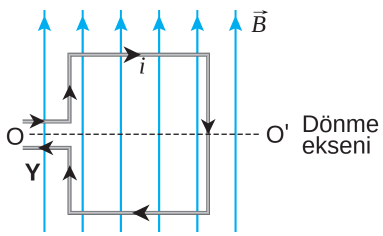
$\tau = B \cdot i \cdot A$ ile hesaplanır.

Tork nedeniyle çerçeve şekildeki yönde döner. Çerçeve N sarımlı ise

$\tau = N \cdot B \cdot i \cdot A$ ile bulunur.

Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

2.26. Örnek



Yüzey alanı A olan çerçeveden i akımı geçirilip düzgün $\vec{B}$ manyetik alanı içine konulduğunda çerçeve OO′ dönme ekseni etrafında serbestçe dönmektedir. Sistemde yapılan bazı değişiklikler tabloda verilmiştir.

Değişikliklerin toplam torkun büyüklüğüne ve yönüne etkisini tablodaki boş alanlara yazınız.

Yapılan Değişiklikler	Torkun Büyüklüğü (Artar/Azalır/Değişmez)	Torkun Yönü (Değişir/Değişmez)
A yüzey alanını artırmak		
i akımının büyüklüğünü azaltmak		
B manyetik alanın büyüklüğünü artırmak		
i elektrik akımının yönünü değiştirmek		

Çözüm

$\tau = N \cdot B \cdot i \cdot A$ ifadesine göre

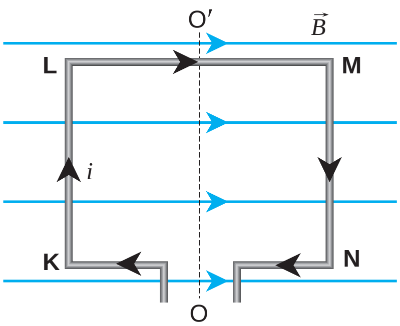
√ Çerçevenin yüzey alanı artırıldığında toplam tork artar, torkun yönü değişmez.

√ Çerçeveden geçen akım şiddeti azaltıldığında toplam tork azalır, torkun yönü değişmez.

√ Çerçevenin içinde bulunduğu manyetik alanın büyüklüğü artırıldığında toplam tork artar, torkun yönü değişmez.

√ Çerçeveden geçen akımın yönü değiştirildiğinde ise torkun büyüklüğü değişmez, yönü değişir.

2.30. Soru



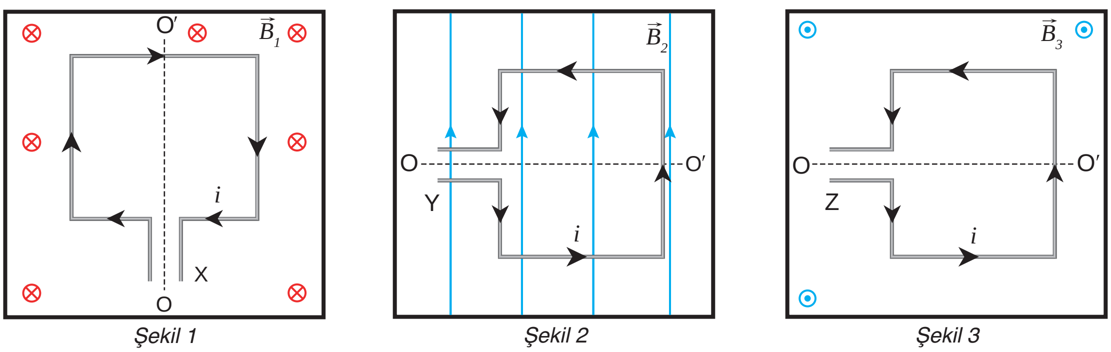
Üzerinden i büyüklüğünde akım geçen tel çerçeve düzgün $\vec{B}$ manyetik alanı içine yerleştirilmiştir.

Buna göre çerçeveye etki eden manyetik kuvvetleri çizip çerçevenin hareket durumunu yorumlayınız.

(Şekillerdeki sistemlerde oluşan manyetik alanlar birbirini etkilemeyecek uzaklıktadır.)

Cevap

2.31. Soru



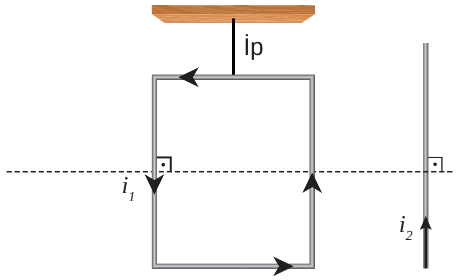
Üzerinden i şiddetinde akım geçen X,Y ve Z tel çerçeveleri, sırasıyla düzgün $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$ ve $\vec{B}_3$ manyetik alanları içine yerleştirilmiştir.

Buna göre çerçevelere etki eden manyetik kuvvetleri çizip çerçevelerin hareket durumlarını yorumlayınız.

(Şekillerdeki sistemlerde oluşan manyetik alanlar birbirini etkilemeyecek uzaklıktadır.)

Cevap

2.32. Soru

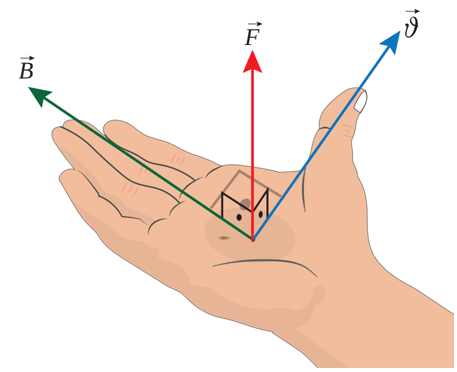


Şekildeki gibi esnek ve yalıtkan bir ipe asılı dikdörtgen tel çerçeve ve sonsuz uzunluktaki doğrusal tel aynı düzlemdedir. **Çerçeve üzerinden i_1, sonsuz uzunluktaki telden ise i_2 akımı geçtiğinde çerçevenin hareket durumunu yorumlayınız.**

Cevap

2.4.5. YÜKLÜ PARÇACIKLARIN MANYETİK ALAN İÇİNDEKİ HAREKETİ

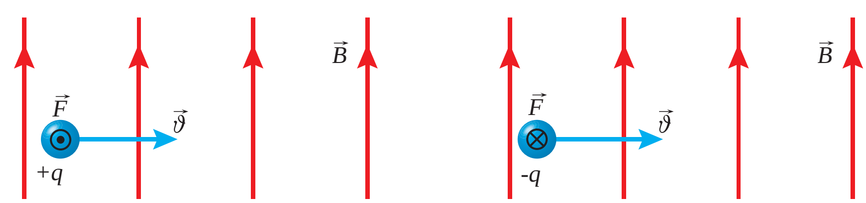
Üzerinden akım geçen iletken tel, manyetik alan içerisindeyken üzerine kuvvet etki eder. Tel içerisindeki akımı hareketli yükler oluşturur. Bu nedenle tele etki eden kuvvet, iletken tel içerisindeki serbest yüklere etki eden manyetik kuvvetlerin bileşkesidir. Bundan dolayı yüklü parçacığa da manyetik alan içerisinde kuvvet etki eder. Düzgün bir manyetik alandaki yüklü parçacığa etki eden manyetik kuvvetin yönü sağ el kuralı ile bulunur (Şekil 2.43).



Şekil 2.43: *+ yüklü parçacığa etki eden manyetik kuvvetin yönünün sağ el kuralı ile bulunması*

Konu ile ilgili video için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

Sağ el kuralına göre +q yükü için sağ elin dört parmağı manyetik alanın yönünü, başparmak parçacığın hız vektörünün yönünü gösterecek şekilde yerleştirildiğinde avuç içi manyetik kuvvetin yönünü gösterir (Şekil 2. 44.a). –q yükü için ise aynı şekilde sağ el kuralı uygulanıp belirlenen kuvvet yönünün tersi alınarak etki eden manyetik kuvvetin yönü belirlenir (Şekil 2.44.b).



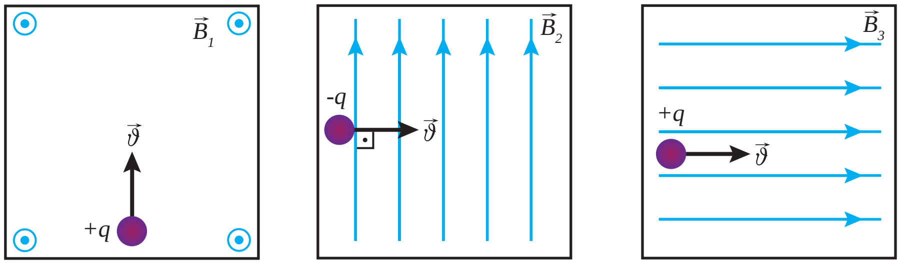
a) *Manyetik alana dik giren pozitif yük* ***b)*** *Manyetik alana dik giren negatif yük*

Şekil 2.44: *Düzgün manyetik alanda yüklü parçacıklara etki eden manyetik kuvvet*

Düzgün manyetik alana giren yüklü parçacığa etki eden manyetik kuvvetin büyüklüğü F; manyetik alanın büyüklüğü B, yük miktarı q ve hızının büyüklüğü ϑ ile doğru orantılıdır. Buna göre manyetik alan içerisinde parçacığın hızı sıfırsa parçacığa manyetik kuvvet etki etmez. Manyetik alana dik giren yüklü parçacıklar için manyetik kuvvet en büyük değeri gösterir. Eğer yüklü parçacığın hız vektörü ile alan çizgileri arasında açı varsa manyetik kuvvetin büyüklüğü bu açı değerine göre değişir. Yüklü parçacıklar manyetik alana paralel girdiğinde manyetik kuvvet oluşmaz.

2.27. Örnek

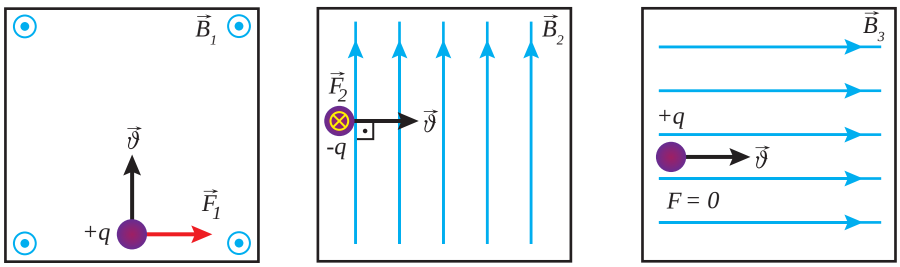
Sırasıyla düzgün $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$ ve $\vec{B}_3$ manyetik alanları içinde +q ve –q yükleri $\vec{\vartheta}$ hızlarıyla hareket etmektedir.



Şekil 1 Şekil 2 Şekil 3

Buna göre manyetik kuvvetin yönünü bulunuz.

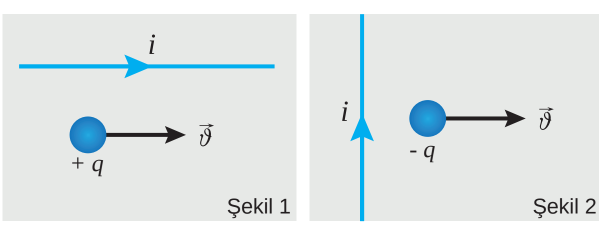
Çözüm



Şekil 1 Şekil 2 Şekil 3

Şekil 1'deki pozitif yüke sağ el kuralı uygulanırsa başparmak hız vektörünü, diğer dört parmak manyetik alanın yönünü gösterecek şekilde tutulduğunda avuç içi manyetik kuvvetin yönünü gösterir (sağa doğru). Şekil 2'deki negatif yüke sağ el kuralı uygulanırsa başparmak hız vektörünü, diğer dört parmak manyetik alanın yönünü gösterecek şekilde tutulduğunda avuç içi manyetik kuvvetin yönünü gösterir. Fakat yük negatif olduğundan bulunan kuvvetin tersi alınır (Sayfa düzlemine dik ve içe doğru). Şekil 3'teki +q yükünün hız vektörü ile manyetik alan birbirine paralel olduğundan +q yüküne manyetik kuvvet etki etmez.

2.33. Soru



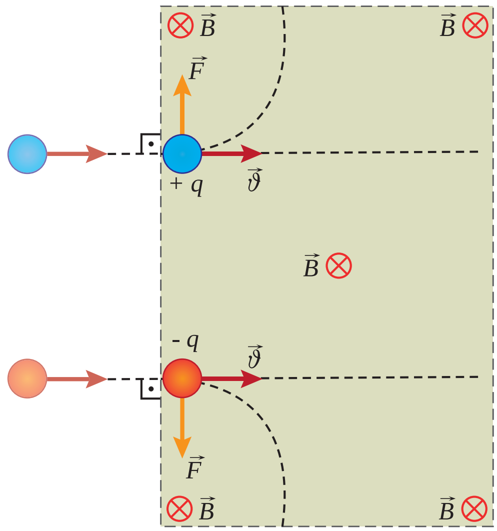
Aynı düzlemde üzerlerinden i akımı geçen tellerin etrafından oluşan manyetik alanlara $\vec{\vartheta}$ hızıyla +q ve –q yükleri gönderilmiştir.

Buna göre yüklere etki eden manyetik kuvvetlerin yönlerini sağ el kuralını kullanarak bulunuz. Yüklerin hareket yönünü çiziniz.

Cevap

Elektrik yüklü bir parçacık, düzgün manyetik alana dik doğrultuda girdiğinde cisme etki eden manyetik kuvvet daima cismin hızına diktir.

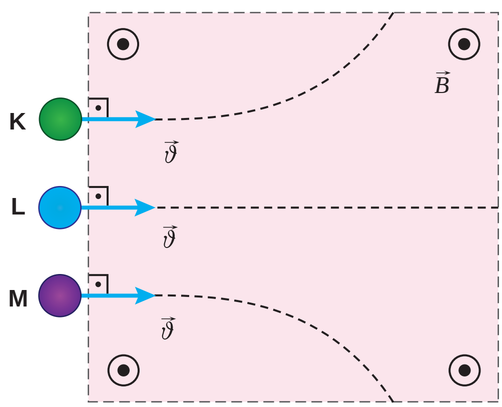
Şekil 2.45'teki gibi yer çekimi ihmal edilen ortamda manyetik alan içine dik doğrultuda gönderilen +q yüklü parçacığın yörüngesi, manyetik kuvvetin etkisiyle çemberseldir. –q yüklü parçacık için manyetik kuvvetin yönü değişeceğinden parçacığın manyetik alanda dönme yönü değişir. Bu nedenle +q yüklü parçacık, dönme yönüne ters yönde çembersel yörünge izler. Yüklü parçacıklar manyetik alana paralel doğrultuda girdiklerinde manyetik kuvvet oluşmayacağından doğrusal olarak hareketlerine devam eder.



Şekil 2.45: *Düzgün manyetik alanda hareket eden yükler*

Konu ile ilgili video için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

2.28. Örnek



Yer çekiminin ihmal edildiği ortamda düzgün manyetik alana dik olarak $\vec{\vartheta}$ hızıyla giren K, L ve M parçacıkları şekildeki yörüngeleri izlemektedir.

Buna göre K, L ve M parçacıklarının yük işaretlerini bulunuz.

Çözüm

Sağ el kuralına göre başparmak hız vektörünü, dört parmak manyetik alan vektörünü gösterdiğinde pozitif (+) yüke etki eden kuvvet aşağı yöndeyken negatif (-) yüke etki eden kuvvet yukarı yöndedir. Buna göre K parçacığı negatif yüklü, M parçacığı pozitif yüklü ve L parçacığı doğrultu değiştirmediği için yüksüzdür.

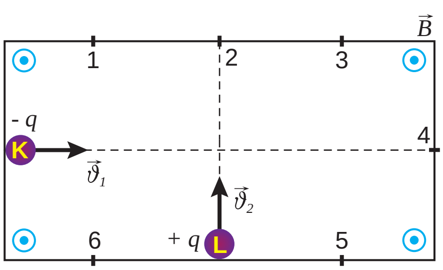
2.34. Soru

Aşağıda verilen tanılayıcı dallanmış ağaçtaki ifadelerin doğru olanları için “D”, yanlış olanları için “Y” yönlendirici oklarını takip ediniz. Her kararınız bir sonraki aşamayı etkileyecek ve vereceğiniz cevaplar sizi farklı yollardan sekiz ayrı çıkışa ulaştıracaktır. Doğru sonuca bağlı çıkış bir tanedir.

a) Manyetik alan içinde yüklü parçacığın hızının büyüklüğü artar.

- D → **b)** Manyetik alan içinde parçacığın yükünün cinsi değiştiğinde manyetik alandaki dönme yönü değişir.
  - D → **ç)** Manyetik alana paralel giren bir parçacık çembersel hareket yapar.
    - D → 1. Çıkış
    - Y → 2. Çıkış
  - Y → **d)** Manyetik alana dik yerleştirilen bir telin üzerinden akım geçirilirse tele manyetik kuvvet etki eder.
    - D → 3. Çıkış
    - Y → 4. Çıkış
- Y → **c)** Manyetik alana dik giren yüklü parçacığa manyetik kuvvet daima hız vektörüne dik olarak etki eder.
  - D → **e)** Manyetik alana dik giren yüklü parçacıklar için manyetik kuvvet en büyük değerdedir.
    - D → 5. Çıkış
    - Y → 6. Çıkış
  - Y → **f)** Manyetik kuvvetin büyüklüğü, hız vektörü ile manyetik alan vektörü arasındaki açıya bağlı olarak değişir.
    - D → 7. Çıkış
    - Y → 8. Çıkış

2.29. Örnek

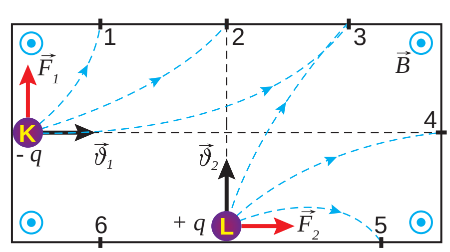


Sürtünmelerin ihmal edildiği yatay düzlemde yük miktarları ve hız büyüklükleri şekildeki gibi olan K ve L parçacıkları düzgün $\vec{B}$ manyetik alanına girmektedir.

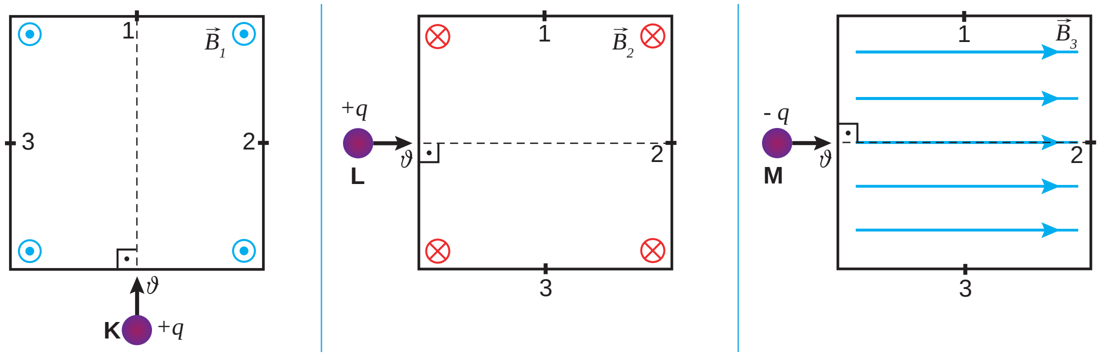
Buna göre parçacıklar manyetik alanı 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 No.lu noktaların hangilerinden geçerek terk edebilir?

Çözüm

Sağ el kuralı uygulandığında parçacıklara etki eden kuvvetler şekildeki gibi olur. Bu kuvvetlerin etkisiyle K cismi 1, 2 ya da 3 numaralı noktalardan; L cismi ise 3, 4 ve 5 numaralı noktalardan geçerek manyetik alanı terk edebilir.



2.35. Soru



Sürtünmelerin ihmal edildiği yatay düzlemde yük miktarları ve hız büyüklükleri şekillerdeki gibi olan K, L ve M parçacıkları sırasıyla düzgün $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$ ve $\vec{B}_3$ manyetik alanlarına girmektedir.

Buna göre parçacıklar manyetik alanı hangi noktalardan geçerek terk edebilir?

Cevap

Manyetik kuvvet, günlük yaşamda pek çok elektronik cihazda kullanılmaktadır. Bu cihazlara; cep telefonu, televizyon, radyo ve elektrik motoruna sahip cihazlar örnek olarak gösterilebilir. Manyetik kuvvetlerin kullanım alanlarından biri olan maglev trenlerinde güçlü elektromıknatıslar kullanılarak maglev trenlerinin rayların üzerinde yükselmesi sağlanır. Bu durumda sürtünme en düşük düzeye indirilir. Böylece trenlerin enerji tasarrufu yapması ve yüksek hızlara ulaşması sağlanır.

ARAŞTIR-I-YORUM

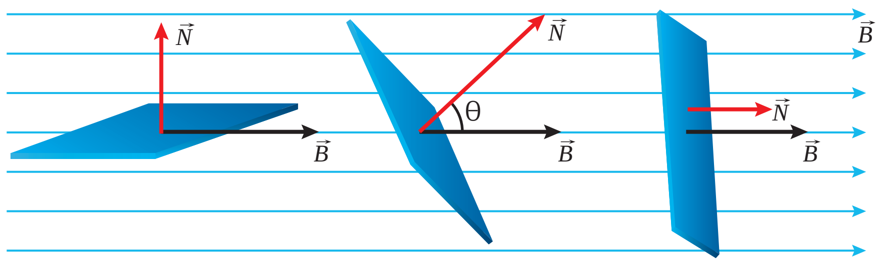
İçerik	*Manyetik kuvvetin teknolojideki kullanım alanlarıyla ilgili araştırma yapma ve araştırmalarını paylaşma.*
Süre	*10 gün*
Yetkinlikler	*Matematiksel yetkinlik ve bilim/teknolojide temel yetkinlikler, öğrenmeyi öğrenme, sosyal ve vatandaşlıkla ilgili yetkinlikler.*
Beklenen Performans	*Araştırma yapma, rapor hazırlama, sunum yapma ve tartışma.*

Yönerge: Manyetik kuvvetin teknolojide kullanım alanlarıyla ilgili araştırma yapınız. Karekodda verilen araştırma formunu doldurunuz ve çalışmanızı sınıf ortamında paylaşarak arkadaşlarınızla tartışınız.

Araştırma formu için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

2.4.6. MANYETİK AKI

Manyetik alan çizgileri, manyetik alan büyüklüğü ile doğru orantılı olduğu için manyetik alan içerisinde bulunan A alanına sahip bir yüzeyden geçen manyetik alan çizgilerinin sayısına **manyetik akı** denir. Manyetik alan vektörleri yüzeye paralel (yüzey normaline dik) ise yüzey içinden hiç manyetik alan çizgisi geçmez fakat manyetik alan vektörleri yüzeye dik (yüzey normaline paralel) ise alan içinden en yüksek düzeyde alan çizgisi geçer (Şekil 2.46).



***a)** Yüzey normali ile manyetik alanın dik olduğu durum*

***b)** Yüzey normali ile manyetik alan arasında Θ açısının olduğu durum*

***c)** Yüzey normali ile manyetik alanın paralel olduğu durum*

***Şekil 2.46:** Manyetik alan çizgileri ile yüzey normali arasındaki açıya bağlı durumlar*

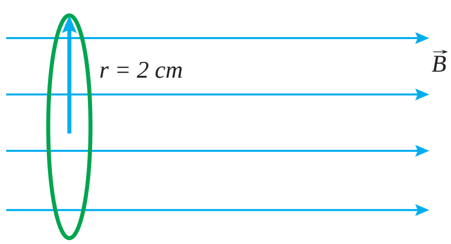
Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

Manyetik akı Ø sembolü ile gösterilir ve birimi weber (Wb) ya da $T \cdot m^2$dir. Manyetik akı, manyetik alan büyüklüğüne, yüzeyin alanına ve manyetik alanın yüzeyin normali ile yaptığı açıya bağlı olduğundan

$$\varnothing = B \cdot A \cdot \cos\theta$$

bağıntısı ile tanımlanır. Θ açısı, manyetik alan vektörünün yüzey normali ile yaptığı açıdır.

2.30. Örnek

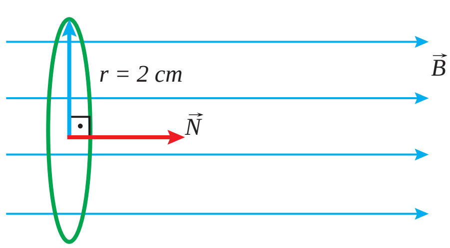


Manyetik alan şiddetinin 4 T olduğu bölgeye manyetik alana dik şekilde yarıçapı 2 cm olan iletken çember yerleştirilmiştir.

Buna göre çember yüzeyindeki manyetik akıyı hesaplayınız.

($\cos 0° = 1$ ve $\pi = 3$ *alınız.*)

Çözüm



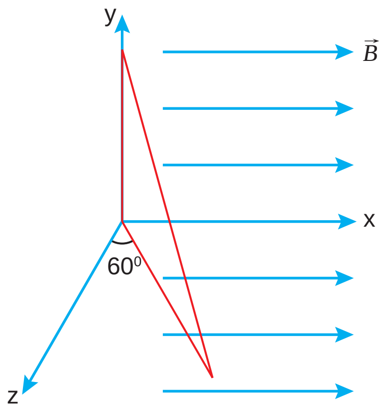
$\varnothing = B \cdot A \cdot \cos\theta$ bağıntısında $\theta = 0°$ olduğundan

$\varnothing = 4 \cdot (\pi r^2) \cdot \cos\theta$

$\varnothing = 4 \cdot 3(0,02)^2 \cdot \cos 0°$

$\varnothing = 4,8 \cdot 10^{-3}$ bulunur.

2.36. Soru



Şekildeki gibi yerleştirilmiş ikizkenar dik üçgenin ikiz kenar uzunlukları 5 cm'dir. Bu üçgen x ekseni doğrultusunda 1 T değerinde düzgün bir manyetik alan içine yerleştirilmiştir.

Üçgenin z ekseni ile yaptığı açı 60° olduğuna göre üçgenin yüzeyinden geçen manyetik akı kaç weberdir?

$(\cos 30° = \sin 60° = \frac{\sqrt{3}}{2}; \cos 60° = \sin 30° = 0,5)$

Cevap

12. ETKİNLİK

Etkinlik Adı	**KÜLTÜREL MİRAS**	20 dk.
Amacı	Benzetim yoluyla manyetik akı kavramını açıklayabilme.	Bireysel etkinlik

Yönerge: *Aşağıdaki metni okuyup soruları cevaplayınız.*

Her yıl baharın başlangıcında yapılan Manisa Mesir Macunu Şenliklerine o da gitti. Tecrübeli arkadaşlarından aldığı tavsiye üzerine yanına şemsiyesini aldı. Hava tahmin raporlarına göre hava güneşli olacaktı. Şemsiye ile mesir macunu toplamak arasındaki mantık bağını çözmeye çalışıyordu. Mesir macunu küçük paketler hâlinde yüksekçe bir yerden atılacaktı. "Düşen paketleri yağmura benzetirsem paketlerden korunmak için şemsiyeyi kullanmayacağıma göre şemsiyeyi ters çevirip paketleri toplama aracı olarak kullanabilirim." diye düşündü. Şemsiyesi daha büyük olanlar aynı sürede daha fazla mesir macunu paketi toplayabileceklerdi.

"Tek bir noktadan atılan paketlere daha yakın olabilirsem şemsiyem küçük olsa da aynı sürede daha uzakta ve büyük şemsiyesi olanlarla aynı sayıda paket toplayabilirim." diye geçirdi içinden. Kalabalığı yarıp mesir macununun kaynağına yaklaşmaya çalışırken açtığı şemsiyeyi ters çevirmişti bile.

Değerlendirme

1. Metindeki kişinin şemsiye kullanarak mesir macunu paketlerini toplamasını manyetik akı kavramı ile ilişkilendirmeniz istenseydi bunu, manyetik akının oluşumundaki hangi değişkenlerle ilişkilendirirdiniz? Gerekçelendirerek yazınız.

....

....

2. Manyetik akı kavramını metindeki kişinin şemsiye kullanarak mesir macunu paketlerini toplamasıyla ilişkilendirerek açıklayınız..

....

....

3. Mesir macunu paketlerinin aralarındaki uzaklık zamanla değişmeseydi şemsiyenin paketleri atan kişiye yaklaştırılması toplanan paket sayısını etkiler miydi? Cevabınızı manyetik akı kavramıyla ilişkilendirerek açıklayınız.

....

....

2.4.7. İNDÜKSİYON AKIMI

Bir üretece bağlı olmadan elektrik akımı elde etmek için manyetik akının değişiminden yararlanılır. Bu sayede kapalı devrede akım dolaşır. Michael Faraday, manyetik alanın şiddetini değiştirerek devrede bir akımın oluşabileceğini yaptığı deneylerle ortaya koyan bilim insanıdır. Faraday, kendi döneminde yaptığı çalışmaları matematiksel olarak modellemeyi başaramasa da elektrik ile manyetizma arasında bulduğu bağlantı kullanılarak ilk elektromıknatıslar üretilmiş ve telgraf icat edilerek iletişimde yeni bir dönem başlamıştır. Manyetik akı değişimi ile oluşan akımın bağlı olduğu değişkenleri inceleyebilmek için aşağıdaki etkinliği yapınız.

13. ETKİNLİK

Etkinlik Adı	***FARADAY YASASI***	*30 dk.*
Amacı	*İndüksiyon akımının matematksel modelini elde edebilme.*	*Bireysel etkinlik*
Araç Gereç	*genel ağ bağlantılı cihaz*	

Yönerge: *Aşağıdaki adımları sırayla uygulayarak değerlendirme sorularını cevaplayınız.*

1. adım: Aşağıdaki karekodu okutunuz. Karşınıza çıkan ekranda "İNCELE" butonuna basarak ilgili simülasyonu açınız.

2. adım: Karşınıza çıkan ekranın üst bölmesinde yer alan “Sarımı ayarla” kısmına tıklayınız.

3. adım: Ekranın sağındaki “Alan metreyi göster” kısmına tıklayınız. Mıknatısı halkanın içine konumlandırınız ve hareket ettirmeyiniz. Lambanın parlaklığını gözlemleyiniz.

4. adım: Fare yardımıyla mıknatısı tutunuz ve yavaş bir şekilde mıknatısı halka içinden geçiriniz. Halka üzerindeki akı değişimini ve lambanın parlaklığını gözlemleyiniz.

5. adım: Mıknatısı halka içinde tutarak hızlı bir şekilde ileri geri hareket ettiriniz. Halka üzerindeki akı değişimini ve lambanın parlaklığını gözlemleyiniz.

6. adım: Lamba üzerinden geçen akımı sembolize eden mavi kürelerin yön değişimini, mıknatısın hareketi boyunca gözlemleyiniz.

Değerlendirme

1. Mıknatıs halkanın içinde hareketsizken lambadan akım geçti mi?

....

2. Mıknatıs halkanın içinde ileri geri hareket ettirildiğinde lambadan akım geçti mi?

....

3. Mıknatıs önce yavaş sonra hızlı şekilde halkaya yaklaştırılıp uzaklaştırıldığında lambanın parlaklığında nasıl bir değişim oldu?

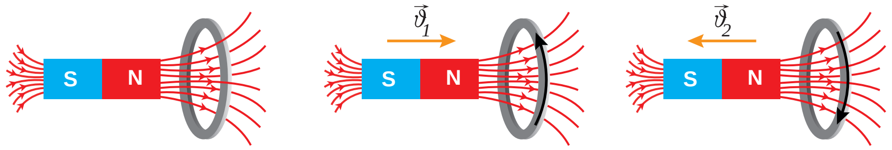
....

4. Yapılan etkinlik ve Ohm Yasası’ndan yararlanarak indüksiyon akımının matematiksel modelini yazınız.

....

....

Şekil 2.47.a'daki gibi iletken halkanın yakınında bir mıknatıs hareketsiz tutulursa halka üzerinde akım oluşmaz. Mıknatıs ne kadar güçlü olursa olsun tel ve mıknatıs birbirlerine göre hareketsiz kaldığı sürece akım oluşmaz. Şekil 2.47.b ve 2.47.c'de ise mıknatıs halkaya yaklaştırıp uzaklaştırıldığında halkada akım oluşur.



a) *Mıknatısın halkanın yakınında hareketsiz olduğu durum* ***b)*** *Mıknatısın halkaya yaklaştığı durum* ***c)*** *Mıknatısın halkadan uzaklaştığı durum*

Şekil 2.47: *Mıknatısın hareket durumuna göre halka üzerindeki akımlar*

Mıknatısın hareket hızı artırılırsa ya da daha güçlü bir mıknatıs kullanılırsa akımın gücü de artar. Yani elektrik akımı manyetik akının değişim hızıyla doğru orantılıdır. Manyetik alanın dolayısıyla manyetik akının değişimi ile oluşan elektrik akımına **indüksiyon akımı**, bu akımı oluşturan kuvvete **indüksiyon elektromotor kuvveti** denir. Elektromotor kuvveti (emk) devrenin potansiyel farkına eşittir ve $\mathcal{E}$ ile gösterilir. Elektromotor kuvvetini veren ve **Faraday Yasası** olarak da bilinen bu ifade

$\varepsilon = -\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t}$ bağıntısı ile verilir.

Eğer indüksiyon elektromotor kuvveti devre akım makarası gibi aynı alana sahip N sarımdan oluşuyorsa

$\varepsilon = -N\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t}$ bağıntısı ile bulunur.

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta(B \cdot A \cdot \cos\phi)}{\Delta t}$$

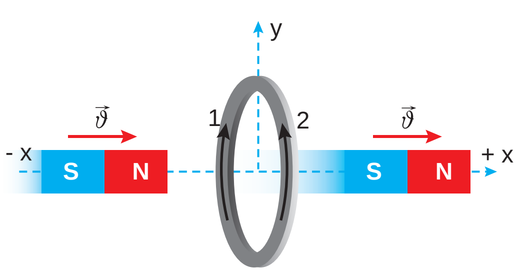
ifadesinden manyetik akıyı değiştirebilecek her türlü etkinin

- Kapalı halkanın alanının
- Manyetik alanın büyüklüğünün
- Manyetik alanla yüzey arasındaki Θ açısının

değişmesi elektromotor kuvvetinin ve kapalı devrede indüksiyon akımının oluşmasını sağlar.

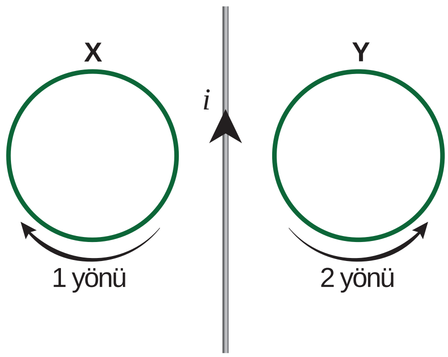
Faraday Yasası'ndaki eksi (-) işareti semboliktir. Bu işaret kapalı devrede oluşan akımın yönü hakkında bilgi verir. Akımın yönü **Lenz Kuralı** ile belirlenir. Bu kurala göre indüksiyon elektromotor kuvvetinin oluşturacağı akım, manyetik akıdaki değişime karşı koyacak yönde olur.

Şekil 2.48'deki gibi mıknatıs halka yüzeyine yaklaşırken manyetik akı artar. Buna karşı koyacak akımın yönü, manyetik akıyı dolayısıyla manyetik alanı azaltacak yönde olmalıdır. Yani manyetik alan +x yönünde arttığından halkadaki akımın oluşturacağı manyetik alan -x yönünde olmalıdır. Sağ el kuralına göre -x yönünde bir manyetik alan oluşması için akımın 2 yönünde dolanması gerekir. Mıknatıs halka yüzeyinden uzaklaşırken de bu olayın tersi olur ve akım 1 yönünde dolanır.



Şekil 2.48: *Lenz Kuralı ile akımın yönünün belirlenmesi*

2.31. Örnek

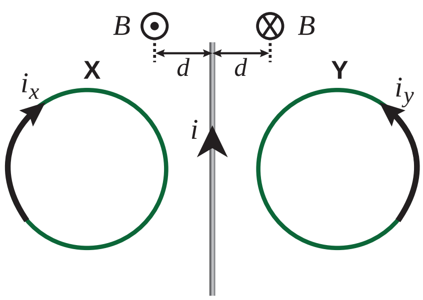


İletken düz telin üzerindeki i elektrik akımı düzgün şekilde artırıldığında şekildeki gibi yerleştirilmiş X ve Y kapalı iletken halkalarda oluşan akımların yönlerini bulunuz.

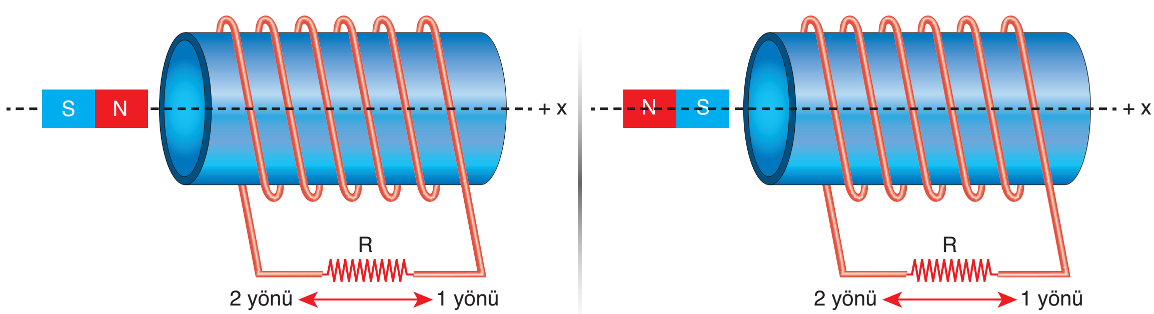
Çözüm

Düz telin X halkasının bulunduğu düzlemde oluşturduğu manyetik alan, sayfa düzlemine dik ve dışa doğrudur. Akım düzgün artacağından manyetik alan da düzgün olarak artar. X halkasında oluşacak indüksiyon akımı bu etkiyi azaltacak şekilde manyetik alan oluşturacağından sağ el kuralına göre 1 yönünde akım oluşturur.

Benzer şekilde düz teldeki akım, Y halkasının bulunduğu düzlemde sayfa düzlemine dik ve içe doğru bir manyetik alan oluşturur. Akımın artmasıyla sayfa düzleminden içe doğru artacak manyetik alan, Y halkasında sağ el kuralına göre 2 yönünde akım oluşturur.



2.37. Soru

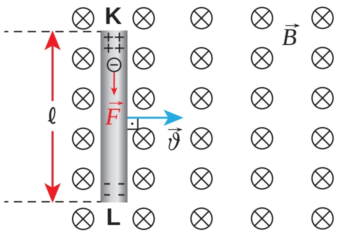


Şekil 1 Şekil 2

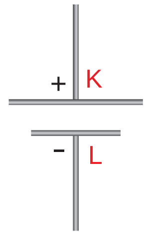
Şekil I ve Şekil II'de verilen sistemlerde mıknatısın akım makarasına yaklaştırılması durumunda R direnci üzerinden hangi yönde akım geçer?

Cevap

Uzunluğu ℓ olan iletken çubuk Şekil 2.49'daki gibi sayfa düzlemine dik ve içe doğru düzgün manyetik alan içinde, manyetik alana dik $\vec{\vartheta}$ hızıyla hareket ettirildiğinde iletken içindeki +q ve -q yüklerine manyetik kuvvet etki eder. Böylece çubuğun K ucunda pozitif yükler, L ucunda negatif yükler toplanır (Şekil 2.49.a). Bu durumda iletkenin iki ucu arasında elektromotor kuvvet oluşur. Oluşan potansiyel farkın sembolik gösterimi Şekil 2.49.b'de verilmiştir.



a) *Düzgün manyetik alan içerisine $\vec{\vartheta}$ hızı ile hareket ettirilen iletken telde yüklerin durumu*



b) *İletken telde oluşan emk değerinin sembolik gösterimi*

Şekil 2.49: *Manyetik alan içinde $\vec{\vartheta}$ hızı ile hareket ettirilen iletken çubuk*

Manyetik alana dik $\vec{\vartheta}$ hızı ile hareket ettirilen ℓ uzunluğundaki telin uçları arasında oluşan $\mathcal{E}$ indüksiyon elektromotor kuvveti

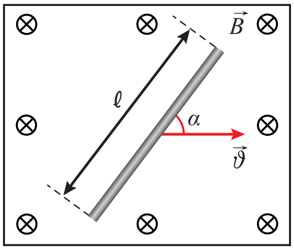
$\varepsilon = B \cdot \vartheta \cdot \ell$ bağıntısı ile bulunur.

Buna göre manyetik alan içinde hareket eden iletken çubuğun indüksiyon elektromotor kuvvetinin büyüklüğü $\mathcal{E}$; manyetik alan büyüklüğü, iletken telin hızı ve boyu ile doğru orantılıdır.

Bu bağıntı sadece B, ℓ, ϑ'nin birbirlerine dik olduğu durumda geçerlidir. Eğer bu nicelikler birbirine dik değilse her birinin yalnızca birbirine dik olan bileşeni bulunarak bağıntıda kullanılır. Birbirine dik bileşen yoksa emk oluşmaz.

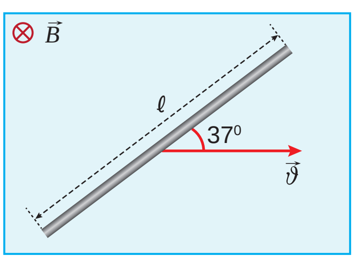
Şekil 2.50'de olduğu gibi iletken tel ve hız vektörü birbirine dik değilse hızın tele dik bileşeni kullanılarak indüksiyon elektromotor kuvveti

$\varepsilon = B \cdot \vartheta \cdot \ell \cdot \sin\alpha$ bağıntısı ile hesaplanır.



Şekil 2.50: *Düzgün manyetik alanda $\vec{\vartheta}$ hızı ile hareket eden iletken tel*

2.32. Örnek



Manyetik alanın sayfa düzlemine dik ve içe doğru olduğu ortamda iletken bir çubuk sayfa düzleminde hareket etmektedir.

Manyetik alanın büyüklüğü B = 0,5 T, çubuğun uzunluğu ℓ = 50 cm ve çubuğun hız büyüklüğü ϑ = 1 m/s olduğuna göre çubuk üzerinde oluşan indüksiyon emk değeri kaç volt olur?

($\sin 37^\circ = 0,6; \cos 37^\circ = 0,8$ alınız.)

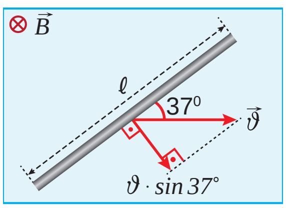
Çözüm

B, ϑ, ℓ nin birbirine dik olması gerektiğinden ϑ'nin ℓ'ye dik bileşeni ϑ . sin37° alınarak

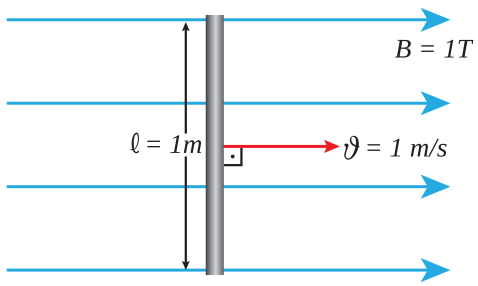
$\varepsilon = B \cdot \vartheta \cdot \ell \cdot \sin\alpha$ bağıntısından

$\varepsilon = 0,5 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot \sin 37^\circ$

$\varepsilon = 0,5 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,6 = 0,15\ volt$ olarak bulunur.



2.38. Soru

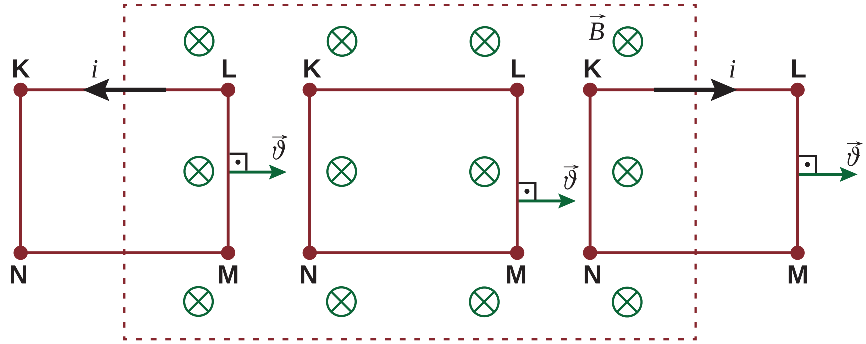


Aynı sayfa düzleminde bulunan uzunluğu ℓ =1m olan iletken çubuk, büyüklüğü 1 T olan manyetik alan bölgesinde verilen manyetik alan çizgileri ile paralel olacak şekilde ϑ =1 m/s hız büyüklüğü ile çekilmektedir.

Telin uçlarında oluşacak indüksiyon elektromotor kuvveti kaç V olur?

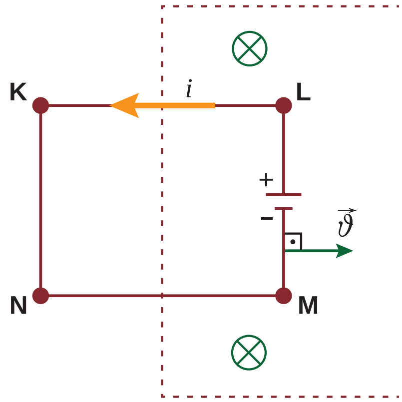
Cevap

Şekil 2.51'de sayfa düzlemine dik içe doğru bir $\vec{B}$ manyetik alanından sabit $\vec{\vartheta}$ hızı ile geçen iletken tel çerçeve gösterilmektedir.



***Şekil 2.51:** $\vec{B}$ manyetik alanından $\vec{\vartheta}$ hızı ile geçen iletken tel çerçeve*

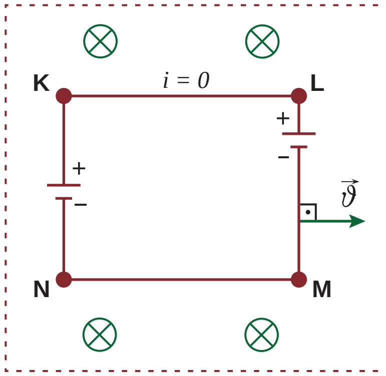
Tel çerçeve manyetik alana girerken zamanla tel çerçeve içinden geçen manyetik alan çizgilerinin sayısına bağlı olarak manyetik akı artar. Lenz Yasası'na göre tel çerçeveden bu akıyı azaltacak yönde M noktasından L noktasına doğru indüksiyon akımı oluşur. Başka bir ifadeyle çerçevenin ML kenarında oluşan emk değerinden dolayı indüksiyon akımı M noktasından L noktasına doğrudur (Şekil 2.52).



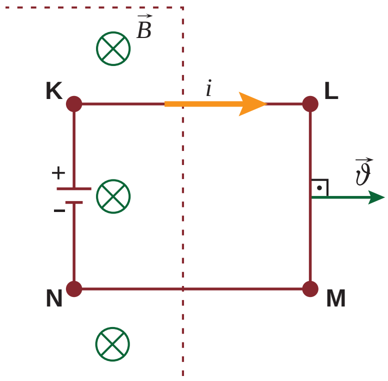
***Şekil 2.52:** Tel çerçevenin manyetik alana girerken ML kenarında oluşan emk*

Tel çerçevenin tamamı manyetik alan bölgesindeyken hareketi sırasında akı değişimi yoktur. Bu nedenle çerçevede indüksiyon akımı oluşmaz. Başka bir ifadeyle çerçevenin KN ve ML kenarlarında emk oluşur. Bu kenarlar ters bağlı eşit büyüklükte üreteçler gibi davrandığından indüksiyon akımı oluşmaz (Şekil 2.53).

Tel çerçeve manyetik alan bölgesinden çıkarken manyetik akı azalır. Bu durumda tel çerçevede manyetik akıyı artıracak şekilde N'den K'ye doğru indüksiyon akımı oluşur. Başka bir ifadeyle alan içinde kalan KN kenarında oluşan emk değerinden dolayı indüksiyon akımı N'den K'ye doğrudur (Şekil 2.54).

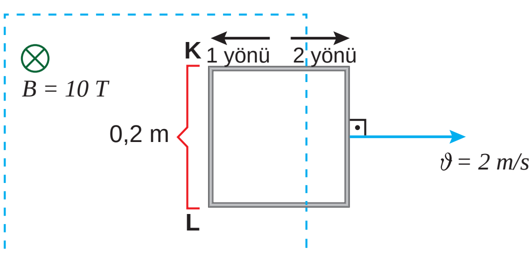


***Şekil 2.53:** Tel çerçevenin tamamı manyetik alandayken KN ve ML kenarlarında oluşan emk*



***Şekil 2.54:** Tel çerçeve manyetik alan bölgesiden çıkarken KN kenarında oluşan emk*

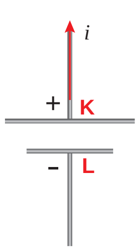
2.33. Örnek



Kenar uzunluğu 0,2 m olan kare tel çerçeve sayfa düzlemindedir. Tel çerçeve sayfa düzlemine dik ve büyüklüğü B = 10 T olan manyetik alan içinde 2 m/s hız büyüklüğüyle şekildeki gibi hareket etmektedir.

Telin direnci 2 Ω olduğuna göre indüksiyon akımının büyüklüğünü ve yönünü bulunuz.

Çözüm



Tel çerçevenin sadece KL kenarında indüksiyon emk değeri oluşur. Oluşan indüksiyon emk değerinin büyüklüğü

$\varepsilon = B \cdot \vartheta \cdot \ell = 10 \cdot 2 \cdot 0,2 = 4\,V$ olarak bulunur.

Ohm (Om) Yasası kullanılarak indüksiyon akımı

$\varepsilon = i \cdot R$

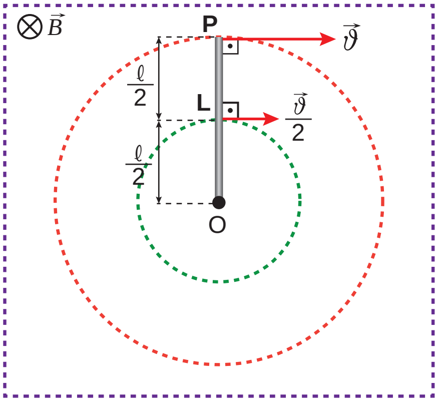
$i = \frac{4}{2} = 2\,A$ olarak hesaplanır.

Yönü ise sağ el kuralından 2 yönünde olmalıdır.

Uzunluğu ℓ olan PO iletken teli düzgün manyetik alan içinde O noktası etrafında döndürülürken telin uçları arasında bir emk oluşur. Emk bağıntısında telin her noktasındaki çizgisel hız büyüklükleri eşit olmadığından ortalama hız değeri kullanılır. Şekil 2.55'te gösterilen telin P ucu $\vec{\vartheta}$ hızı ile döndüğüne göre emk

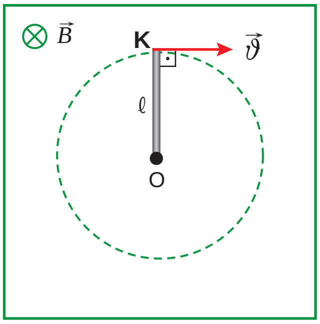
$$\varepsilon = B \cdot \frac{\vartheta}{2} \cdot \ell$$

bağıntısı ile bulunur.



***Şekil 2.55:** Düzgün manyetik alanda dönen iletken tel*

2.34. Örnek



Sayfa düzlemine dik manyetik alan içinde uzunluğu ℓ = 30 cm olan KO teli O noktası etrafında dönmektedir.

K noktasının çizgisel hız büyüklüğü 4 m/s ve manyetik alanın büyüklüğü 2 T olduğuna göre KO telinin uçları arasında oluşan emk kaç V olur?

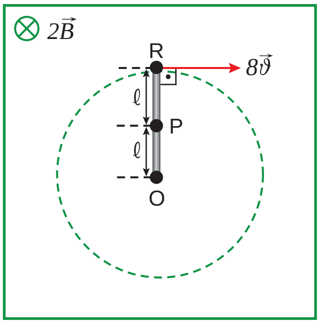
Çözüm

Düzgün manyetik alan içinde dönen cisimler için

$\varepsilon = B \cdot \frac{\vartheta}{2} \cdot \ell$ bağıntısı kullanılarak

$\varepsilon = 2 \cdot \frac{4}{2} \cdot 0,3 = 1,2\,V$ bulunur.

2.39. Soru



Uzunluğu 2ℓ olan RO iletken teli düzgün 2$\vec{B}$ manyetik alanında O noktası etrafında dönmektedir.

RO telinin R noktasındaki hızının büyüklüğü 8ϑ olduğuna göre RO ve PO noktaları arasında oluşan emk değerinin $\frac{\varepsilon_{RO}}{\varepsilon_{PO}}$ oranı kaçtır?

Cevap

2.4.8. MANYETİK AKI VE İNDÜKSİYON AKIMI İLE İLGİLİ HESAPLAMALAR

2.35. Örnek

İlk durumda yüzey normalinin manyetik alan ile yaptığı açı 37° derece olan tel çerçeve, ikinci durumda manyetik alan ile yüzey normali arasındaki açı 90° olacak şekilde konumlandırılmaktadır.

Tel çerçevenin alanı 2 m² ve manyetik alanın büyüklüğü 10 T olduğuna göre manyetik akı değişimini bulunuz.

(cos 37° =0,8; cos 90° = 0 alınız.)

Çözüm

Manyetik akı değişimi, tel çerçevenin ilk ve son durumunda yüzeyinden geçen manyetik akıların farkı ile bulunur.

$\Delta ø = ø_{son} - ø_{ilk}$

Bu bağıntıya göre akı değişimi

$\Delta ø = B \cdot A \cdot cos\, 90° - B \cdot A \cdot cos\, 37°$

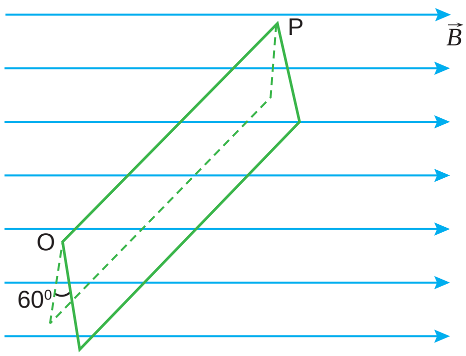
$\Delta ø = B \cdot A \cdot (cos\, 90° - cos\, 37°)$

$\Delta ø = 10 \cdot 2 \cdot (0 - 0,8)$

$\Delta ø = -16\, Wb$

(-) işareti, manyetik akının azaldığını göstermektedir.

2.40. Soru



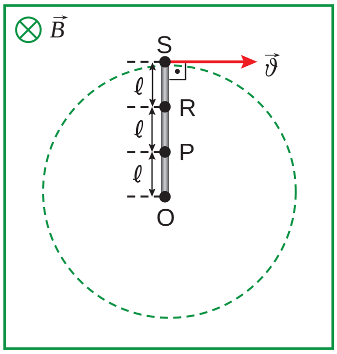
Büyüklüğü 4.10^{-3} T olan düzgün manyetik alan içindeki manyetik alana dik dikdörtgen tel çerçeve, OP ekseni etrafında 60° döndürülmektedir.

Çerçevenin yüzey alanı 200 cm² olduğuna göre çerçevedeki manyetik akı değişimini bulunuz.

$(cos\, 60° = \frac{1}{2};\ sin\, 60° = \frac{\sqrt{3}}{2}$ *alınız.)*

Cevap

2.41. Soru

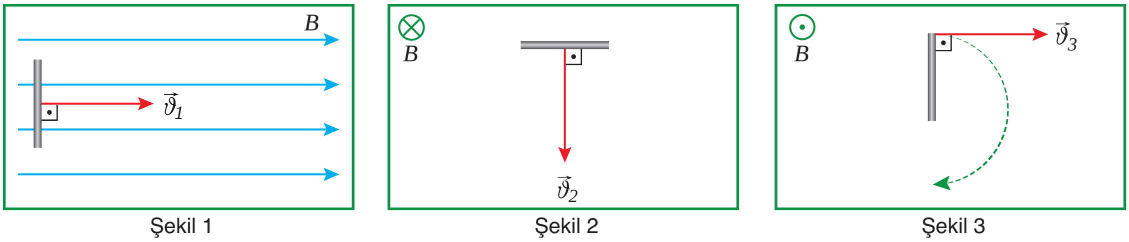


Düzgün manyetik alan içinde O noktası etrafında döndürülen SO iletken telinin PO uçları arasındaki emk büyüklüğü Ɛ'dur.

S noktasının hızı $\vec{\vartheta}$ olduğuna göre RO ve SO noktaları arasındaki emk'yi Ɛ cinsinden bulunuz.

Cevap

2.42. Soru

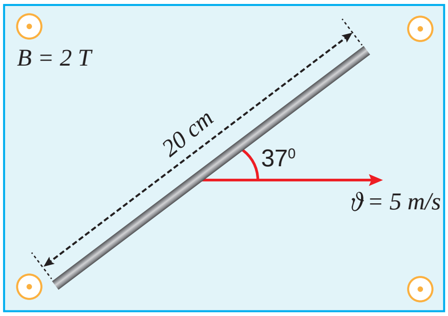


İletken bir tel, düzgün B büyüklüğündeki manyetik alan içinde ϑ büyüklüğündeki hızlarla Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'teki gibi hareket ettirildiğinde iletken telin uçları arasında oluşan elektromotor kuvvetleri sırasıyla $Ɛ_1$, $Ɛ_2$ ve $Ɛ_3$ olmaktadır.

Buna göre $Ɛ_1$, $Ɛ_2$ ve $Ɛ_3$ü küçükten büyüğe doğru sıralayınız.

Cevap

2.43. Soru



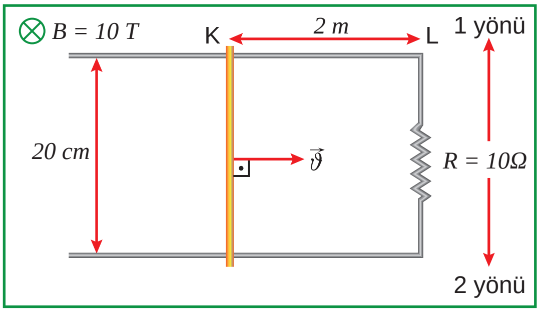
Sayfa düzleminde bulunan ve uzunluğu 20 cm olan çubuk, sayfa düzlemine dik ve büyüklüğü 2 T olan manyetik alanda 5 m/s hız büyüklüğü ile şekildeki gibi çekilmektedir.

Buna göre telde oluşan indüksiyon elektromotor kuvveti kaç V olur?

(sin 37° = 0,6; cos 37° = 0,8 alınız.)

Cevap

2.36. Örnek



10 T büyüklüğünde düzgün manyetik alan bölgesinde bulunan 20 cm uzunluğundaki iletken tel, iletken raylar üzerinde sabit $\vec{\vartheta}$ hızı ile K noktasından L noktasına doğru 1 s'de çekilmektedir.

K ve L noktaları arasındaki uzaklık 2 m olduğuna göre R = 10 Ω direnci üzerinden geçen akımın büyüklüğü ve yönünü bulunuz.

Çözüm

Çerçeve üzerinde telin K noktasından L noktasına hareketi boyunca taradığı alan

$\Delta A = 2 \cdot 20 \cdot 10^{-2} = 0,4\ m^2$ olur. Elektromotor kuvvet

$\varepsilon = -\dfrac{\Delta \varnothing}{\Delta t} = -\dfrac{B \cdot \Delta A}{\Delta t} = \dfrac{10 \cdot 0,4}{1} = 4\ V$ bulunur.

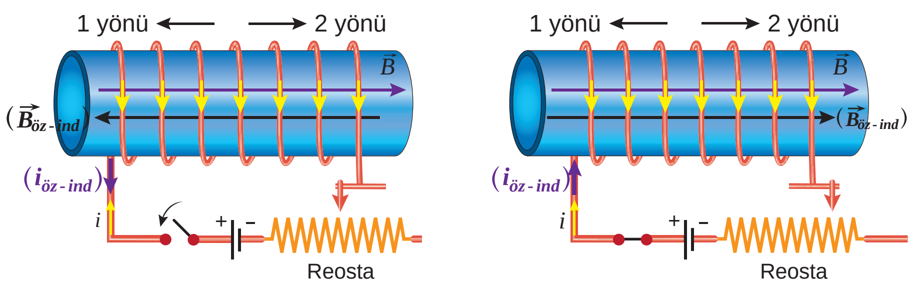
$i = \dfrac{\varepsilon}{R}$ bağıntısından

$i = \dfrac{4}{10} = 0,4\ A$ bulunur.

Akımın yönü bulunurken sağ el kuralına göre çerçevenin hareketi esnasında akı azalacağı için oluşan akımın yönü, manyetik alanı artıracak şekilde 2 yönünde olmalıdır.

2.4.9. ÖZ-İNDÜKSİYON AKIMI

Bir akım makarasında anahtar açıkken üzerinden akım geçmediğinden içinde akı değişimi yoktur. Anahtar kapatıldığında devre üzerinden akım (i) geçer ve sağ el kuralına göre 2 yönünde $\vec{B}$ manyetik alan oluşur (Şekil 2.56). Devredeki akımın reosta ile artırılması durumunda manyetik alan artar. Lenz Yasası'na göre artan manyetik alanı azaltacak yönde bir manyetik alan oluşmalıdır $(\vec{B}_{öz-ind})$. Bu manyetik alan devredeki akıma ters yönde bir akım $(i_{öz-ind})$ meydana getirir (Şekil 2.56.a). Oluşan bu akıma **öz-indüksiyon akımı** denir.



***a)** Devredeki akımın artmasıyla oluşan öz-indüksiyon akımı*

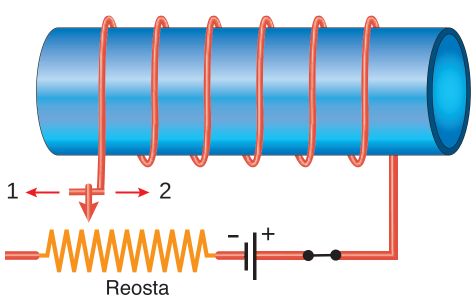
***b)** Devredeki akımın azalmasıyla oluşan öz-indüksiyon akımı*

***Şekil 2.56:** Devredeki akım değişiminin neden olduğu öz-indüksiyon akımları*

Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

Benzer şekilde öz-indüksiyon akımı devredeki akımın azalmasıyla da oluşur. Şekil 2.56.b'deki gibi devredeki akımın reosta ile azaltılması durumunda manyetik alan azalır. Lenz Yasası'na göre azalan manyetik alanı artıracak yönde bir manyetik alan oluşmalıdır. Bu manyetik alan devredeki akımla aynı yönde bir akım meydana getirir.

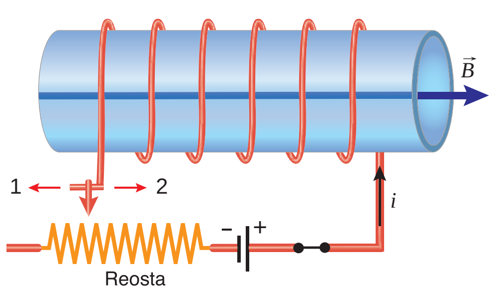
2.37. Örnek



Şekildeki devrede reostanın sürgüsünün 1 ve 2 yönünde çekilmesi durumunda akım makarasında oluşan öz-indüksiyon akımlarının yönlerini bulunuz.

Bulduğunuz sonuçları öz-indüksiyon akımının oluşum sebepleriyle açıklayınız.

Çözüm

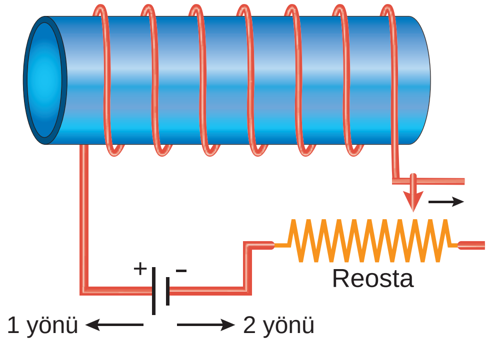


Akım makarasından geçen akımın oluşturduğu manyetik alanın yönü şekildeki gibidir.

Reosta sürgüsü 1 yönünde hareket ettirilirse devrenin direnci artar, akımı azalır. Dolayısıyla manyetik akı azalır. Akım makarasında bu akıyı artıracak yönde bir öz-indüksiyon akımı oluşur. Sağ el kuralına göre bu akımın yönü devre akımı ile aynı yöndedir.

Reosta sürgüsü 2 yönünde hareket ettirilirse akım ve manyetik akı artar. Akım makarasında bu artışa karşı koyacak öz-indüksiyon akımı devre akımına ters yönde oluşur.

2.44. Soru



İç dirençleri ihmal edilen akım makarasının olduğu bir düzenek kurulmuştur.

Buna göre aşağıda verilen ifadeleri inceleyerek doğru ve yanlış olanları tespit ediniz. Yanlış ifadelerin doğrularını yazınız.

I. Reostanın sürgüsü ok yönünde çekilirse devrede 1 yönünde öz-indüksiyon akımı oluşur.

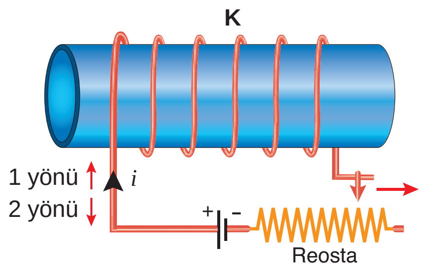
II. Reostanın sürgüsü okun tersi yönünde çekilirse devrede 1 yönünde öz-indüksiyon akımı oluşur.

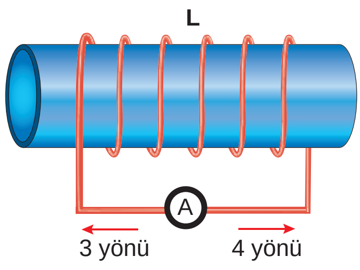
III. Reostanın sürgüsü ok yönünde çekilmesi ile öz-indüksiyon akımı oluşmaz.

IV. Devredeki emk artırılırsa 2 yönünde öz-indüksiyon akımı oluşur.

Cevap

2.45. Soru





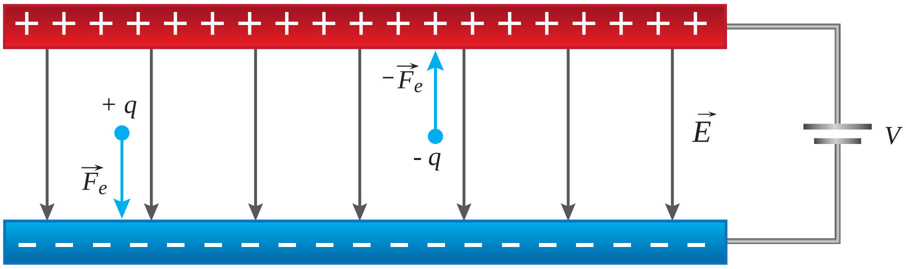
Birbirlerinin etki alanında bulunan ve merkezleri aynı yatay doğru üzerinde olan K ve L akım makaraları verilmiştir.

K akım makarasından i devre akımı geçmekteyken reosta sürgüsü ok yönünde çekildiğinde K akım makarasında oluşan öz-indüksiyon akımının $(i_{öz-ind})$ ve L akım makarasında oluşan indüksiyon akımının (i_{ind}) yönlerini bulunuz.

Cevap

2.4.10. YÜKLÜ PARÇACIKLARIN MANYETİK ALAN VE ELEKTRİK ALAN İÇİNDEKİ HAREKETİ

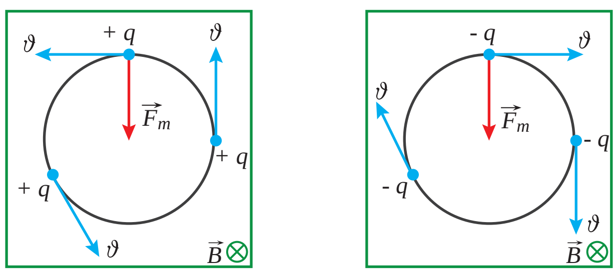
Paralel levhalar arasındaki düzgün $\vec{E}$ elektrik alana yerleştirilen +q ve –q yüklü parçacıklara etki eden elektriksel kuvvetler Şekil 2.57'de gösterilmektedir.



***Şekil 2.57:** Düzgün elektrik alan içinde yüklü parçacıklara etki eden elektriksel kuvvetler*

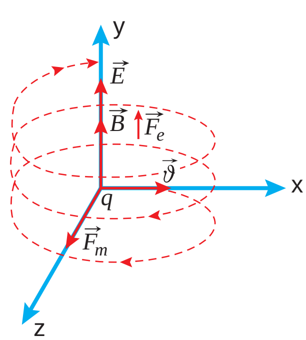
Elektrik alana dik giren yüklü parçacığa etki eden $\vec{F_e}$ kuvveti
$\vec{F_e} = q \cdot \vec{E}$ bağıntısı ile verilir.

Düzgün bir manyetik alana dik olarak $\vec{\vartheta}$ hızı ile giren +q ve -q yüklü parçacıklara etki eden $(\vec{F_m})$ manyetik kuvvetler ile dönme yönleri Şekil 2.58'de gösterilmektedir.



***Şekil 2.58:** Düzgün bir manyetik alanda bulunan yüklü parçacıkların hareketi*

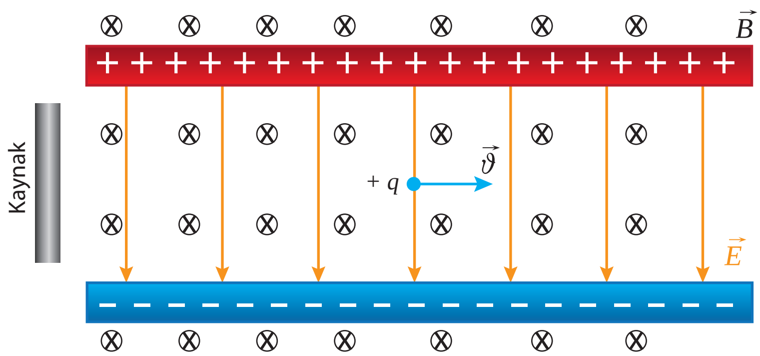
Manyetik alana dik giren yüklü parçacığa etki eden $\vec{F_m}$ kuvveti
$\vec{F_m} = q \cdot (\vec{\vartheta} \; x \; \vec{B})$ bağıntısı ile verilir.
Bu durumda yüklü bir parçacık aynı anda hem manyetik hem de elektrik alan içinde bulunuyorsa parçacığa etki eden net kuvvet elektriksel ve manyetik kuvvetlerin bileşkesi olur. Lorentz kuvveti olarak bilinen bu bileşke kuvvet
$\vec{F} = q \cdot \vec{E} + q \cdot (\vec{\vartheta} \; x \; \vec{B})$ bağıntısıyla verilir.
Elektrik ve manyetik alanların birbirine paralel olduğu bölgeye dik $\vec{\vartheta}$ hızı ile fırlatılan pozitif yüklü parçacık, kendisine etki eden elektrik alanla aynı yönde sürüklenip manyetik kuvvetin etkisi altında dönme hareketi yapar (Şekil 2.59).



***Şekil 2.59:** Manyetik ve elektrik alanda aynı anda bulunan yüklü parçacığın hareketi*

2.38. Örnek

Yüklü parçacıkların deneylerde sabit hıza sahip olmaları için kullanılan bir hız seçicinin şematik gösterimi şekildeki gibidir.

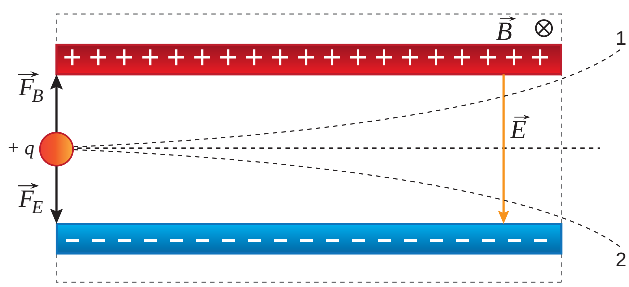


a) Bir kaynak tarafından fırlatılan pozitif yüklü parçacığın hız seçiciden sapmadan doğrusal yörüngede gidebilmesi için sahip olması gereken hız büyüklüğünü, E ve B cinsinden bulunuz. *(Yer çekimini ve sürtünmeleri ihmal ediniz.)*

b) Parçacık, yatay çizgide sapmadan ilerleyebilmek için sahip olması gereken hız büyüklüğünden daha büyük ya da daha küçük hıza sahip olursa parçacığın paralel levhalar arasındaki hareket yörüngesi ne olur?

c) Verilen deney düzeneğindeki parçacığın hareketinden yola çıkarak elektrik ve manyetik alandaki davranışını açıklayınız.

Çözüm



a) Parçacığın sabit hızla ilerleyebilmesi için parçacığa etki eden net kuvvetin sıfır olması gerekir. Parçacığa yukarı yönde etki eden manyetik kuvvet ile aşağı yönde etki eden elektriksel kuvvetin büyüklükleri eşit olmalıdır.

$q \cdot E = q \cdot \vartheta \cdot B$ Bu durumda parçacığın hızı

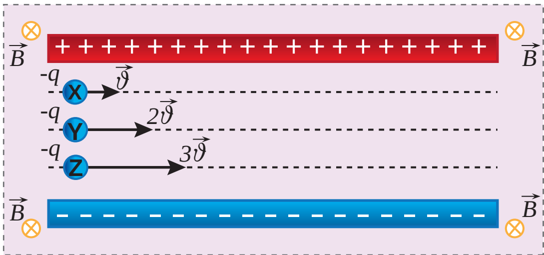
$\vartheta = \frac{E}{B}$ bulunur.

b) Parçacığın doğrusal yörüngede $\vec{\vartheta}$ hızı ile gittiği kabul edildiğinde parçacığın hızı $\vec{\vartheta}$ hızından büyük olursa manyetik kuvvet elektriksel kuvvetten büyük olacağı için parçacık 1 yolunu izler. Parçacığın hızı $\vec{\vartheta}$ hızından küçük olursa elektriksel kuvvet manyetik kuvvetten büyük olacağı için parçacık 2 yolunu izler.

c) Parçacığa etki eden manyetik ve elektriksel kuvvet zıt yöndedir. Bu iki kuvvet eşit büyüklükte ise parçacık doğrusal yörüngede, manyetik kuvvet büyük ise 1 yolunda ve elektriksel kuvvet büyük ise 2 yolunda hareketine devam eder.

Konu ile ilgili simülasyon için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

2.46. Soru



Ağırlıkları ihmal edilen – q yüklü X, Y ve Z parçacıkları sayfa düzlemine dik ve içe doğru manyetik alan bölgesi içine yerleştirilen paralel levhalar arasına sırasıyla $\vec{\vartheta}$, $2\vec{\vartheta}$ ve $3\vec{\vartheta}$ hızları ile şekildeki gibi girmektedir.

$2\vec{\vartheta}$ hızındaki Y parçacığı doğrultu değiştirmediğine göre X ve Z parçacıklarının hareket yörüngelerini çiziniz.

Cevap

Lorentz kuvvetinin etkisinden yararlanarak birçok teknolojik gelişme sağlanmıştır. Hastanelerde teşhis ve tedavide de kullanılabilen radyoaktif maddeleri oluşturmak ve önemli bilim araştırma merkezlerinden biri olan CERN'de (Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi) atom altı parçacıkları keşfetmek amacıyla hızlandırıcılar kullanılmaktadır. Hızlandırıcılar, yüklü parçacıkların çok yüksek hızlara ulaşmasını sağlayan ve hareketini kontrol eden cihazlardır. Elektrik ve manyetik kuvvetlerin her ikisi de bu olayda anahtar görevi görmektedir.

Bunun dışında Lorentz kuvvetinden yararlanılarak geliştirilen teknolojik uygulamalara indüksiyon ocakları, metal para ile çalışan makineler, bazı frenleme sistemleri ile akım sensörleri, dönen hız sensörleri ve basınç sensörlerinde kullanılmak üzere üretilen Hall (Hal) etkisi sensörleri örnek verilebilir.

2.4.11. ELEKTROMOTOR KUVVETİ

Elektromotor kuvveti (emk), 1 voltluk gerilim altında birim yükün devreyi tamamlaması için gerekli enerji olarak tanımlanır. Tüm kapalı elektrik devrelerinde elektrik akımının düzgün ve sürekli akmasını sağlayan bir elektromotor kuvveti olmalıdır. Emk kaynaklarına pil, akü, dinamo, güneş pilleri, elektrik jeneratörleri vb. örnek verilebilir.

14. ETKİNLİK

Etkinlik Adı	**ELEKTROMOTOR KUVVETİNİ OLUŞTURAN SEBEPLER**	30 dk.
Amacı	Elektromotor kuvvetini oluşturan sebeplere ilişkin çıkarımda bulunabilme.	Bireysel etkinlik
Araç Gereç	genel ağ bağlantılı cihaz	

Yönerge: *Aşağıdaki adımları sırayla uygulayarak değerlendirme sorularını cevaplayınız.*

1. adım: Aşağıdaki karekodu okutunuz. Karşınıza çıkan ekranda "İNCELE" butonuna basarak ilgili simülasyonu açınız.

2. adım: Karşınıza çıkan ekranın üst bölmesinde yer alan “Jeneratör” kısmına tıklayınız.

3. adım: Ekranın sağ tarafındaki gösterge bölümünde “Sarımı Ayarla” kısmında voltaj göstergesine tıklayınız.

4. adım: Mıknatısın üstünde duran ve çarkın devir sayısını gösteren “0 Devir” yazılı kısım değişmeden önce halka üzerindeki akı değişimini ve akımın yönünü gözlemleyiniz.

5. adım: Musluk üzerindeki sürgüyü fare yardımıyla çekerek mıknatısın ortasındaki göstergenin 50 devir olmasını sağlayınız.

6. adım: Halka üzerindeki akı değişimini ve mıknatısın kutup yönlerine göre voltmetredeki sapmaları gözlemleyiniz.

7. adım: Musluk üzerindeki sürgüyü “100 Devir” olana kadar çekiniz.

8. adım: Halka üzerindeki akı değişimini ve mıknatısın kutup yönlerine göre voltmetredeki sapmaları gözlemleyiniz.

9. adım: Ekranın sağ tarafındaki gösterge bölümünde “Çubuk Mıknatıs” kısmındaki “Kuvvet” ölçeğine tıklayarak mıknatısın kuvvetini yükseltiniz.

10. adım: Voltmetre üzerindeki sapma miktarlarını gözlemleyiniz.

Değerlendirme

1. Musluk açıldığında voltmetre ibresindeki hareketin sebebi nedir? Açıklayınız.

....

....

....

2. Mıknatısın devir sayısı ile voltmetre ibresindeki sapma miktarı arasındaki ilişki nedir? Açıklayınız.

....

....

....

3. Çubuk mıknatısın gücü ile voltmetre ibresinin sapma miktarı arasındaki ilişki nedir? Açıklayınız.

....

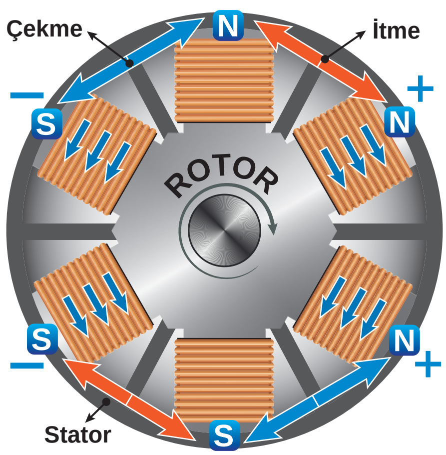
....

....

15. ETKİNLİK

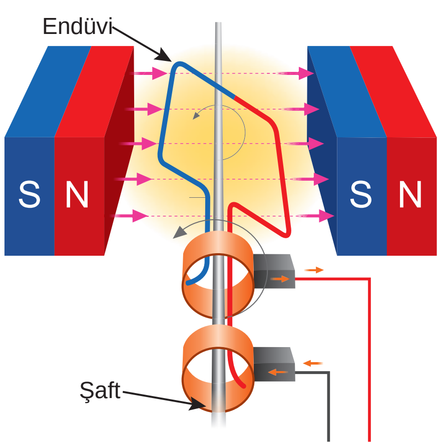
Etkinlik Adı	**ELEKTRİK MOTORU VE DİNAMO**	20 dk.
Amacı	Elektrik motoru ve dinamonun çalışma ilkelerini karşılaştırabilme.	Bireysel etkinlik

Bu etkinlikte elektrik motoru ile hareket enerjisini elektrik enerjisine çeviren dinamonun çalışma ilkeleri hakkında bilgilendirme metinleri verilmiştir. Bu motorların geliştirilme aşamalarında fizik bilimine ilişkin hangi temel prensiplerin kullanıldığı sorgulanacaktır. Verilen metinleri okuyup görselleri inceleyerek soruları cevaplayınız.



ELEKTRİK MOTORU

Elektrik motoru, hareketsiz bobin (stator) ve hareketli çark (rotor) adında iki ana parçadan oluşur. Motorun içinde bunlardan başka mekanik parça bulunmaz. Güçlü dönme hareketi oluşturabilmek için sadece mıknatıslardan yararlanılır. Stator boş bir silindirdir. Bobinin iç duvarları üç ayrı çift sarım hâlinde ayrılmış bakır tellerle sarılı makaralardır. Her makara, içinden akım geçirildiğinde bir elektromıknatısa dönüştüğü için bir mıknatısın kutbunu ifade eder. Bu bakır tel sarımlar, hareket etmediği hâlde rotoru harekete geçirmelidir. Tüm sarımlara aynı anda akım verilirse mıknatıs kutupları harekete geçmeyecektir. Tesla, bu sorunu her bir sarıma sırayla ve belli zaman aralıklarında akım gönderen bir sistem kurarak çözmüştür. Sarımlara gönderilen akım belli bir sıra takip ettiğinde zıt manyetik kutuplar birbirini iterken aynı kutuplar birbirini çektiğinden rotor harekete geçer. Saniyede 30 dönüş yapan elektromıknatıslar sürekli yer değiştiren manyetik kutuplar oluşturduğu için sarımların içinden geçen manyetik alan çizgilerinin sayısı ve yönü de sürekli değişir. Manyetik akı değiştikçe bakır tellerde indüksiyon akımı oluşturur. Böylece oluşan bu döngü rotoru döndürerek hareket enerjisini oluşturur.



DİNAMO

Dinamolar, hareket enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Dinamonun içinde hareketsiz mıknatıslara ait kutupların arasında düzgün bir manyetik alan bölgesi ve basit bir tel sargı olan bobin (endüvi) bulunur. Şaftın döndürülmesiyle manyetik alan bölgesindeki endüvi de dönmeye başlar. Endüvinin dönmesi manyetik akı değişimine sebep olur. Değişen manyetik akı endüvide indüksiyon akımı oluşturur. Böylece hareket enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmiş olur.

Değerlendirme

1. İndüksiyon motorunda kullanılan rotorun döndürülerek hareket enerjisi sağlanması sürecinde fizik bilimine ait hangi ilkelerin kullanıldığını gerekçelerinizle yazınız.

....

....

Devam ediyor.

2. Günümüzde indüksiyon motorlarının kullanıldığı araçlara örnekler veriniz.

....

....

3. Dinamoda kullanılan rotorun döndürülerek hareket enerjisi sağlanması sürecinde fizik bilimine ait hangi ilkelerin kullanıldığını gerekçelerinizle yazınız.

....

....

4. Günümüzde dinamoların kullanıldığı araçlara örnekler veriniz.

....

....

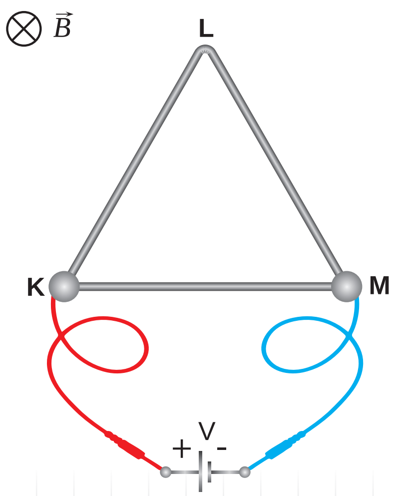
5. Elektrik motoru ile dinamo arasındaki benzerlik ve farklılıkları yazınız.

....

....

Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

FİNAL SORUSU



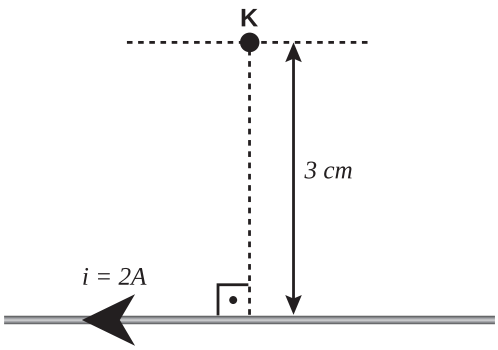
Düzgün $\vec{B}$ manyetik alanı içinde köşe noktaları K, L ve M olan eşkenar üçgen şeklinde iletken tel çerçeve bulunmaktadır. Manyetik alan çizgileri çerçevenin bulunduğu düzleme diktir.

Çerçevenin K ve M köşelerine bir üreteç bağlandığında KL teline etki eden manyetik kuvvetin büyüklüğü F kadar olduğuna göre çerçeveye etki eden bileşke manyetik kuvvet kaç F olur?

(Tellerin birbirlerine uyguladıkları manyetik kuvvetleri ihmal ediniz.)

4. BÖLÜM ÇALIŞMA SORULARI

1. Soru

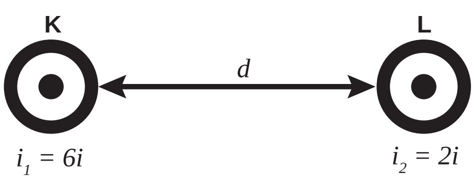


Sayfa düzleminde bulunan düz telden 2A şiddetinde akım geçmektedir.

Telden 3 cm dik uzaklıktaki K noktasında oluşan manyetik alanın büyüklüğünü ve yönünü bulunuz.

($K = 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ alınız.)

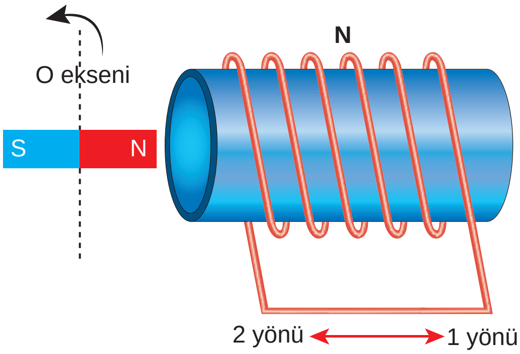
2. Soru



Birbirine paralel düz K ve L tellerinden sırasıyla aynı yönde $i_1 = 6$ i ve $i_2 = 2$ i büyüklüğünde akımlar geçmektedir.

Teller arasındaki uzaklık d olduğuna göre bileşke manyetik alanın büyüklüğü K telinden kaç d uzakta sıfır olur?

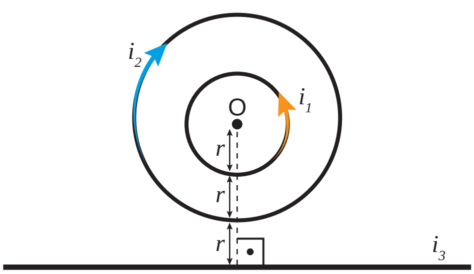
3. Soru



Sarım sayısı N olan akım makarasının yanındaki çubuk mıknatıs O ekseni etrafında dönebilmektedir.

Mıknatıs ok yönünde 180° döndürüldüğünde oluşan indüksiyon akımı hangi yöndedir? Nedeniyle açıklayınız.

4. Soru



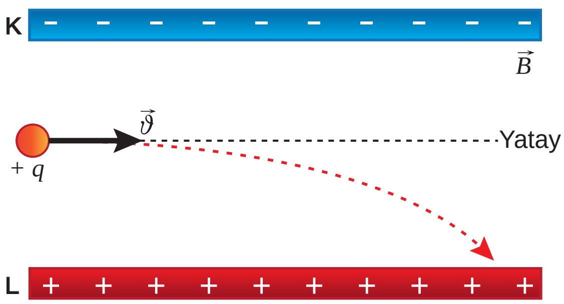
Aynı düzlemde yarıçapları sırasıyla r ve 2r olan O merkezli iletken halkalardan $i_1 = 2$ A ve $i_2 = 8$ A büyüklüğünde elektrik akımları geçmektedir. O noktasına 3r dik uzaklıkta bulunan düz telden ise i_3 akımı geçmektedir.

Bu üç iletkenin O noktasında oluşturduğu bileşke manyetik alan sıfır olduğuna göre i_3 akımının yönünü ve büyüklüğünü bulunuz.

($\pi = 3$ alınız.)

Devam ediyor.

5. Soru

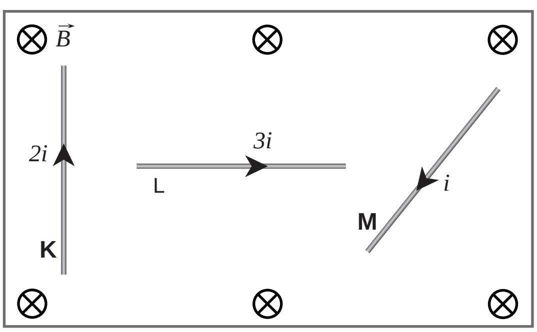


Ağırlığı ihmal edilen +q yüklü parçacık, $\vec{E}$ elektrik alanı ve $\vec{B}$ manyetik alanın bulunduğu bölgeye ϑ büyüklüğünde hızla yatay olarak girmektedir. Parçacığın levhalar arasında izlediği yörünge şekildeki gibidir. Sürtünmeler ihmal edildiğine göre

a) Parçacığa etki eden elektriksel kuvvetin büyüklüğü ile manyetik kuvvetin büyüklüğünü karşılaştırınız.

b) Parçacığın bulunduğu bölgedeki manyetik alanın yönünü bulunuz.

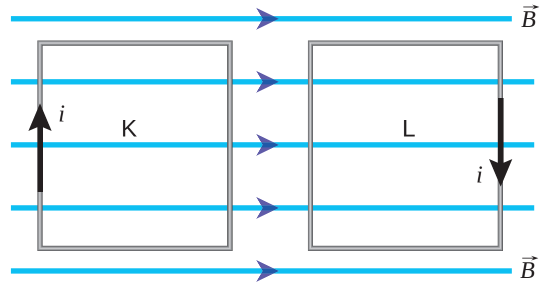
6. Soru



Sayfa düzleminde bulunan eşit uzunluktaki iletken düz K, L ve M telleri sayfa düzlemine dik içe doğru olan manyetik alanında bulunmaktadır.

K, L ve M tellerinden sırasıyla 2i, 3i ve i akımları geçtiğine göre tellere etki eden manyetik kuvvetlerin büyüklükleri F_K, F_L ve $F_M$yi küçükten büyüğe doğru sıralayarak yönlerini çiziniz.

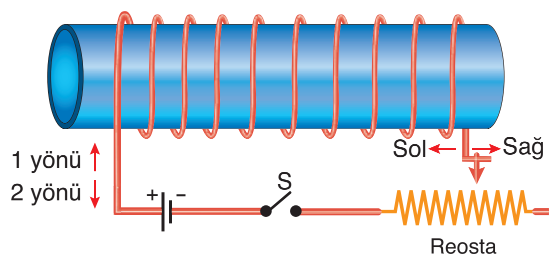
7. Soru



Düzgün $\vec{B}$ manyetik alanına yerleştirilmiş çerçevelerin yüzey alanları ve üzerlerinden geçen i akımlarının büyüklükleri eşittir.

Çerçeveler üzerinde oluşan torkların oranı $\frac{\tau_K}{\tau_L} = \frac{2}{3}$ olduğuna göre K ve L çerçevelerinin sarımları oranı $\frac{N_K}{N_L}$ kaçtır?

8. Soru



Şekilde verilen bobinde

a) S anahtarı kapandığında,

b) S anahtarı kapalı iken reosta ayar çubuğu (sürgüsü) sağa doğru hareket ettirildiğinde,

c) S anahtarı kapalı iken reosta ayar çubuğu sola doğru hareket ettirildiğinde,

ç) S anahtarı açıldığında

devrede oluşan öz-indüksiyon akımlarının yönlerini verilen 1 ve 2 numaralı yönlerden uygun olanlarıyla eşleştirerek belirtiniz.

2.5. ALTERNATİF AKIM

HAZIR MISINIZ?

AKIM SAVAŞLARI



(...)Edison Tesla'dan önce tanınan ve bilinen bir bilim insanıdır. O, doğru düzgün eğitim almayan ama kendini yetiştiren büyük girişimciler kuşağının öncüsüdür. Bir nevi patron bir bilim insanıdır. (...)

(...)1884'te New York'a taşınan ve çalışmalarına burada devam eden Tesla, burada Edison'la çalışmaya başlamıştır, Tesla aslında, Edison'un büyük bir hayranıdır. Edison'un evleri ışıklandırma hayalini destekliyordu bu nedenle Onunla birlikte çalışmak için Avrupa'dan Amerika'ya gelmiştir. O dönem piyasada iki farklı akım vardı. Doğru akım ve alternatif akım. Alternatif akımla çalışan ark ampul bulunmuş, sokaklar bu sayede aydınlatılmış. Fakat yüksek voltajla çalıştığı için çok tehlikeli bulunmuştur. Bunun için bu ampul evlerde kullanılmıyordu. Edison doğru akımla çalışan evlerde kullanılacak ampulü bulmuştur. Yani akımlar savaşı denilen olayın başlangıcı budur. Doğru akımla evler, alternatif akımla sokaklar aydınlatılıyor. Doğru akımı Edison'un şirketi, alternatif akımı da Westinghouse işletiyordu. Tesla tam bu dönemde Edison'un yanında çalışmaya başlamıştı…Aralarında maddi anlaşmazlıklar ve fikir çatışmaları neticesinde Tesla, Edison'un yanından ayrılmıştır.(...)

(...)Alternatif akımı yaymaya çalışan Westinghouse ve Tesla, doğru akım sistemlerinde ısrar eden Edison ile rakip olmuştur.

Bu rekabet kısa sürede büyük bir ticari savaşa dönüşür; bu dönem "Akım Savaşları" olarak ifade edilir. Chicago'daki 1893 Kolomb Dünya Fuarı, Akım Savaşları için önemli bir muharebe olmuştur: Westinghouse ve Tesla, Edison'a kıyasla çok daha ucuz bir teklif vererek fuardaki Elektrik Standını aydınlatırken bütün dünya alternatif akımın bu başarısına tanık olmuştur ve Edison büyük bir itibar kaybı yaşamıştır.

Mücadeledeki ikinci kırılma noktası ise Niagara Şelalesi'ne kurulacak elektrik santrali ile ilgilidir. Burada da Edison'un değil Tesla'nın santrali tercih edilmiştir. Çünkü Alternatif akım daha ucuzdur ve daha uzun mesafelere iletimi daha kolaydır.

Zaman içinde alternatif akımın güvenilir, ucuz ve başarılı olduğu kabul edilir oldu, nihayet dünyaya kanıtlanmış oldu ve doğru akım sistemleri kademeli olarak popülerliğini yitirdi. Şimdi yaygın olarak alternatif akım kullanılıyor. Günümüzde doğru akım bilgisayar teknolojisinde ve akülü sistemlerde kullanılıyor. Ama özellikle Çin uzun zamandır doğru akımın her alanda kullanılması üzerine çalışmalar yapıyor. Kullandığımız akıllı cihazlar, bilgisayarlar DA ile çalıştığından artık doğrudan DA ile besleme fikri üzerine çalışmalar yapılıyor ve evlerdeki tüm aletlerin DA ile çalışabilecek hale getirilmesi üzerine Ar-Ge çalışmaları yapılıyor. AA-DA savaşı bugün de devam ediyor.(...)

*(Genel ağdan kısaltılarak alınmıştır.)**

Soru: Metne göre elektrik, doğru akım şeklinde kullanılırken neden alternatif akımın kullanımına ihtiyaç duyulmuştur?

....

....

....

(*) Metin, yazıldığı dönemin yazım ve noktalama kurallarına sadık kalınarak alınmış olup günümüz yazım ve noktalama kurallarına göre değişiklik yapılmamıştır.

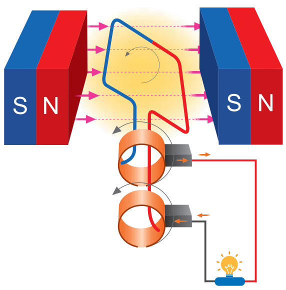
2.5.1. ALTERNATİF AKIM

Bir iletkenin iki noktası arasında üreteç ile potansiyel fark oluşturulduğunda iletkendeki serbest elektronlar harekete geçer. Hareketlenen elektronlar teldeki elektrik akımını oluşturur. Bu elektron akışının (elektrik akımının) yönü, potansiyel fark oluşturan noktalar değişmediği sürece değişmez. Doğru akım [DA veya Direct Current (Dayrekt Körrınt), DC], elektronların yüksek potansiyelden alçak potansiyele doğru sabit olarak akmasıdır. Doğru akımın yönü değişmese de büyüklüğü değişebilir. Zaman içerisinde yönü ve büyüklüğü belli bir düzen içerisinde değişen akıma ise **alternatif akım** denir. Alternatif akımın İngilizce karşılığı “AC” [Alternating Current (Altırneyting Körrınt)] olarak kısaltılır.

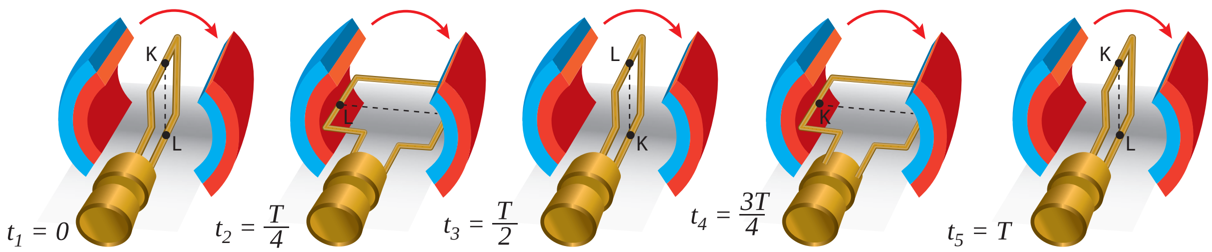
Günümüzde kullanılan elektronik cihazların büyük bir bölümü alternatif akımla çalışmaktadır. Alternatif akım jeneratörleri, alternatif akım üreten sistemlerdir (Şekil 2.60).

Şehir elektriğine bağlı prizdeki bir akım, belli zaman aralıklarında yön değiştirir. Akım şiddeti sıfırdan belirli bir değere kadar yükseldikten sonra tekrar azalarak sıfır olur. Eğer şehir elektriğinde kullanılan alternatif akımın frekansı 50 Hz ise akım saniyede 50 kez yön değiştiriyor demektir.

Alternatif akım jeneratörü, manyetik alan içinde dönen bir tel çerçeveden oluşur. Tel çerçeve manyetik alan içinde sabit bir hız büyüklüğü ile döndürüldüğünde çerçevenin içinden geçen manyetik alan çizgilerinden ötürü oluşan manyetik akım, zamanla sıfırdan maksimum değerine ulaşır. Çerçeve bu şekilde döndürüldüğü sürece sürekli akı değişimine bağlı indüksiyon akımı oluşarak değerini sıfır ve maksimum büyüklükler arasında değiştirir. Çerçevenin bir tam turu için geçen zaman T olarak verildiğinde tel çerçevenin zamana göre konumu Şekil 2.61’deki gibi olur. Bu durumda çerçevede oluşan potansiyel fark da zamanla değişir.



***Şekil 2.60:** Alternatif akım jeneratörü*



***Şekil 2.61:** Manyetik alanda dönen tel çerçevenin zamana göre konumu*

Alternatif akımın ısı etkisinden bahsedebilmek için önce iletkenlerin dirençleri üzerinde durmak gerekir. Her iletkenin çapı, uzunluğu ve yapıldığı malzemenin öz direnci ile ilişkili bir direnci vardır. İletkenden elektrik akımı geçtiğinde eğer iletken, akım geçişine fazla direnç gösteriyorsa bu zorluk iletken üzerinde ısı enerjisi olarak ortaya çıkar. Bu ısının açığa çıkışı ısıtıcı cihazlarının geliştirilmesini sağlamıştır. Alternatif akım ile aynı dirençte, aynı zamanda, eşit miktarda ısı açığa çıkaran doğru akımın değerine alternatif akımın **etkin değeri** denir. Alternatif akımın en büyük ani değerine **maksimum değer** denir. Bu değer **genlik** olarak da adlandırılır. Doğru akımla elektroliz yapılabilir ama alternatif akımla yapılamaz. Bunun nedeni alternatif akımın sürekli yön değiştirmesidir. Elektroliz işleminde sıvı içindeki iyonların sürekli aynı yöne hareketlenmesi gereklidir. Bu, doğru akımla mümkündür. Bir telden alternatif akım geçirildiğinde telin etrafında sürekli büyüklüğü ve yönü değişen bir manyetik alan oluşur. Bu nedenle bir elektromıknatıs bobininden alternatif akım geçirilirse elektromıknatısın kutupları sürekli yer değiştirir. Alternatif akımın bu özelliğinden en çok transformatörlerde ve elektrik motorlarında faydalanılır.

2.47. Soru

Tabloda bazı ülkelerde kullanılan frekans ve gerilim değerleri verilmiştir.

Ülke	Gerilim (V)	Frekans (Hz)
ABD	120	60
Almanya	230-400	50
Arjantin	220	50
Avustralya	240	50
Çin	220	50
Ekvator	110-220	60
Filipinler	110	60
Fransa	230	50
Hindistan	220-250	50
İtalya	220	50
Japonya	100	50-60
Kanada	115	60
Kıbrıs	240	50
Türkiye	220	50
Yunanistan	220	50

Tabolda verilen ülkelerdeki elektrik şebekelerinde kullanılan gerilim ve frekans değerlerinin farklı olmasının nedenleri nelerdir?

....

....

....

....

....

....

....

MERAK UYANDIRAN SORULAR

Türkiye'de 220 V ile çalışan bir cihazın şebeke gerilim değeri 120 V olan bir ülkede çalıştırılması için ne yapılmalıdır?

2.5.2. ALTERNATİF VE DOĞRU AKIM

Doğru akım; telekomünikasyonda, televizyon, radyo, bilgisayar gibi elektronik cihazlarda, elektro-mıknatıslarda, tren, tramvay ve metro gibi elektrikli taşıtlarda ve elektroliz olayında kullanılır. Güçlü elektrik motorlarında, buzdolabı, çamaşır makinesi, klima gibi teknolojik aletlerde ve sokak lambalarında da alternatif akım kullanılır.

ARAŞTIR-I-YORUM

İçerik	*Alternatif akımla doğru akımı karşılaştırma.*
Süre	*2 gün*
Yetkinlikler	*Matematiksel yetkinlik ve bilim/teknolojide temel yetkinlikler, öğrenmeyi öğrenme.*
Beklenen Performans	*Araştırma yapabilme.*

Yönerge: Evlerde kullanılan doğru akım ve alternatif akımla çalışan elektronik aletleri araştırınız. Bu aletlerde neden alternatif akım ya da doğru akım kullanıldığını açıklayınız. Doğru ve alternatif akım kullanılan aletlerdeki farklılıkları karşılaştırınız ve edindiğiniz bilgileri değerlendiriniz.

MERAK UYANDIRAN SORULAR

Alternatif akımın kullanımı günümüzde çok yaygın olsa da doğru akım ile çalışan elektrikli araçların ya da güneş pillerinin sayısının artması nasıl açıklanabilir?

2.39. Örnek

Elektrik akımı hakkındaki bilimsel çalışmaları ile bilinen Thomas Edison (Tomas Edison) ve Nikola Tesla'nın (Nikola Tesla) alternatif akım ve doğru akım hakkındaki bazı sembolik ifadeleri aşağıda verilmiştir.

Tesla ve Edison'un alternatif akım ve doğru akım hakkındaki görüşlerini karşılaştırınız. Aşağıdaki ifadelerin karşısındaki boş bırakılan yerlere uygun olan bilim insanlarının isimlerini yazınız.

a)	Alternatif akım (AC), uzun mesafelere düşük maliyetlerle taşınabilir.	....
b)	Doğru akım (DC), AC'ye göre daha güvenlidir.	....
c)	AC, yüksek voltajlara kolayca çıkarılıp uzun mesafelere çok daha ince kablolarla taşınabilir.	....
ç)	AC'nin üretimi daha ucuzdur.	....
d)	AC bir fili bile öldürebilir.	....
e)	Bilgisayar ve cep telefonları DC ile çalışır.	....
f)	İndüksiyon motoru AC ile çalışır.	....

Çözüm

a)	Alternatif akım (AC), uzun mesafelere düşük maliyetlerle taşınabilir.	***Tesla***
b)	Doğru akım (DC), AC'ye göre daha güvenlidir.	***Edison***
c)	AC, yüksek voltajlara kolayca çıkarılıp uzun mesafelere çok daha ince kablolarla taşınabilir.	***Tesla***
ç)	AC'nin üretimi daha ucuzdur.	***Tesla***
d)	AC bir fili bile öldürebilir.	***Edison***
e)	Bilgisayar ve cep telefonları DC ile çalışır.	***Edison***
f)	İndüksiyon motoru AC ile çalışır.	***Tesla***

2.5.3. ALTERNATİF VE DOĞRU AKIM DEVRELERİNDE DİRENÇ, BOBİN VE SIĞACIN DAVRANIŞI

Doğru ve alternatif akım devreleri direnç, bobin ve sığaç kullanılarak oluşturulabilir. Bu devrelerdeki direnç, bobin ve sığacın davranışını yorumlayabilmek için aşağıdaki etkinliği yapınız.

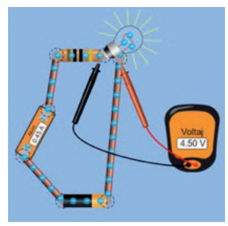
16. ETKİNLİK

Etkinlik Adı	**DC VE AC DEVRELERİNDE DİRENÇ, BOBİN VE SIĞAÇ**	30 dk.
Amacı	Doğru ve alternatif akım devreleri direnç, bobin ve sığacın davranışını yorumlayabilme.	Bireysel etkinlik
Araç Gereç	genel ağ bağlantılı cihaz	

Yönerge: *Aşağıdaki adımları sırayla uygulayarak değerlendirme sorularını cevaplayınız.*

1. adım: Aşağıdaki karekodu okutunuz. Karşınıza çıkan ekranda "İNCELE" butonuna basarak ilgili simülasyonu açınız.

2. adım: Ekranın sol tarafında bulunan tel, ampul, ayarlı direnç ve pil (DC voltajı) araçlarıyla ekranın sağ tarafında bulunan voltmetre ve ampermetre araçlarını tıklayıp ekran üzerine sürükleyiniz. Her aracın uçlarında halka şeklinde bağlantı noktaları bulunur. Telleri uçlarından sürükleyerek istediğiniz boya getirebilirsiniz. Araçları kullanarak şekildeki devreyi kurunuz.



3. adım: Pil üzerine tıkladığınızda açılan menüyü kullanarak pilin voltajını 20 ve 100 V'a ayarlayınız. Ampermetre ve voltmetrenin bu durumda gösterdiği değerleri ve ampulün parlaklığını gözlemleyiniz.

4. adım: Pili devreden çıkarınız ve pilin yerine ekranın solundaki menüden AC voltajı bağlayınız.

5. adım: AC voltajı üzerine tıkladığınızda açılan menüyü kullanarak kaynağın voltajını 20 ve 100 V'a ayarlayınız. Ampermetre ve voltmetrenin bu durumda gösterdiği değerleri ve ampulün parlaklığını gözlemleyiniz.

6. adım: Devredeki AC voltajı yerine pil, ayarlı direnç yerine de bobini bağlayınız.

7. adım: Pil üzerine tıkladığınızda açılan menüyü kullanarak kaynağın voltajını 20 ve 100 V'a ayarlayınız. Ampermetre ve voltmetrenin bu durumda gösterdiği değerleri ve ampulün parlaklığını gözlemleyiniz.

8. adım: Pili devreden çıkarınız ve pilin yerine ekranın solundaki menüden AC voltajı bağlayınız.

9. adım: AC voltajı üzerine tıkladığınızda açılan menüyü kullanarak kaynağın voltajını 20 ve 100 V'a ayarlayınız. Ampermetre ve voltmetrenin bu durumda gösterdiği değerleri ve ampulün parlaklığını gözlemleyiniz.

10. adım: Devredeki AC voltajı yerine pil, bobin yerine de kondansatörü bağlayınız.

11. adım: Pil üzerine tıkladığınızda açılan menüyü kullanarak kaynağın voltajını 20 ve 100 V'a ayarlayınız. Ampermetre ve voltmetrenin bu durumda gösterdiği değerleri ve ampulün parlaklığını gözlemleyiniz.

12. adım: Pili devreden çıkarınız ve pilin yerine ekranın solundaki menüden AC voltajı bağlayınız.

Devam ediyor.

13. adım: AC voltajı üzerine tıkladığınızda açılan menüyü kullanarak kaynağın voltajını 20 ve 100 V'a ayarlayınız. Ampermetre ve voltmetrenin bu durumda gösterdiği değerleri ve ampulün parlaklığını gözlemleyiniz.

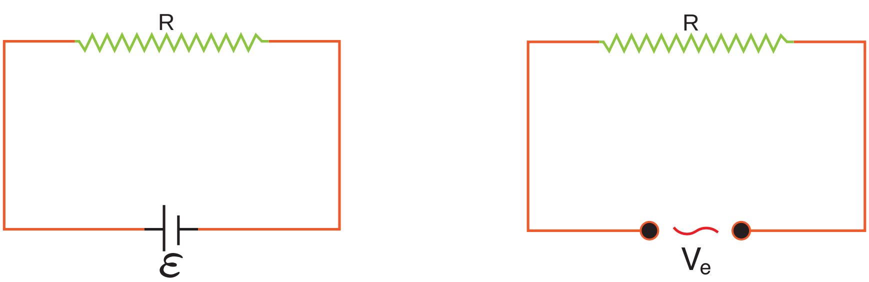
Değerlendirme

1. Ayarlı direnç; pil ve AC voltajına seri bağlı iken ampermetre, voltmetre ve ampulde gözlemlediğiniz durumları yorumlayınız.

2. Bobin; pil ve AC voltajına bağlı iken ampermetre, voltmetre ve ampulde gözlemlediğiniz durumları yorumlayınız.

2. Kondansatör; pil ve AC voltajına bağlı iken ampermetre, voltmetre ve ampulde gözlemlediğiniz durumları yorumlayınız.

Not



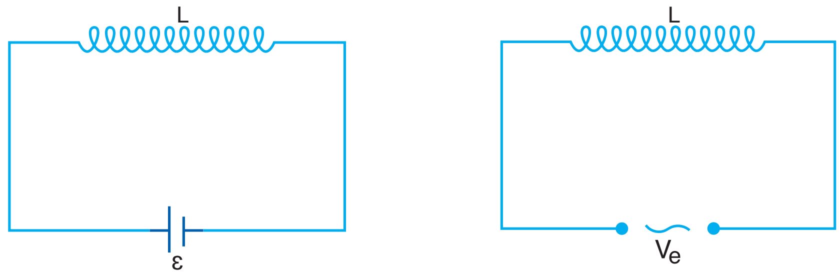
a) *DC üretecine bağlı direnç*

b) *AC üretecine bağlı direnç*

Şekil 2.62: *DC ve AC üretecine bağlı dirençler*

Potansiyel farkı ε olan üreteç ve dirençle Şekil 2. 62.a'daki gibi bir doğru akım devresi kurulduğunda direnç akıma karşı zorluk gösterir ve elektrik enerjisi ısı enerjisine dönüşür. Ohm Kanunu'na göre direncin uçları arasındaki gerilim ile direncin üzerinden geçen akım büyüklüğü sabittir.

Direnç Şekil 2.62.b'deki gibi alternatif akım devresine bağlanırsa iletken içerisindeki elektronların ileri geri hareket etmesiyle metal yüzeyine sürtünme ve elektronların çarpışması sonucunda ısı enerjisi açığa çıkar. Alternatif akım devrelerinde elektrik enerjisini ısı enerjisine dönüştüren dirence **ohmik direnç** denir. Alternatif akım devresinde direnç doğru akım devresindeki gibi sabit değildir. Ancak büyüklüğünün ve yönünün değişmesi direncin devredeki davranışını değiştirmez. Direnç değeri alternatif akımın frekansına bağlı değildir.

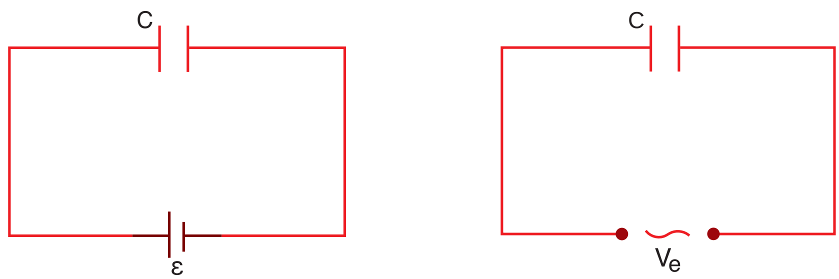


a) *DC üretecine bağlı bobin* ***b)*** *AC üretecine bağlı bobin*

Şekil 2.63: *DC ve AC üretecine bağlı bobinler*

Bobin, Şekil 2.63.a'daki gibi bir doğru akım kaynağına bağlandığında devreden sabit bir akım geçer. Bu nedenle bobin etrafında sabit bir manyetik alan oluşur. Manyetik alan sabit olduğundan indüksiyon akımı oluşmaz. Devrelerde kullanılan bobin, iletken bir metalden yapıldığı için iletkenin direnci kadar dirence sahiptir. Buna göre devredeki direnç bobinin gösterdiği ohmik dirence eşittir.

Alternatif akım devresinde bobinin direnci ohmik dirençten fazladır. Bobin Şekil 2.63.b'deki gibi alternatif gerilim kaynağına bağlanırsa bobin üzerinden geçen akım büyüklüğü maksimum değeri ve sıfır değeri arasında sürekli değişir. Bu değişim sırasında bobinde sürekli bir akım değişimi meydana gelir. Alternatif akım sıfırdan maksimum değere ulaşma sürecinde bobin, oluşan öz-indüksiyon elektromotor kuvvetine karşı koyarak akımı azaltmaya çalışır. Alternatif akım maksimumdan sıfır değerine ulaşma sürecinde ise bobin, akımın azalışını yavaşlatmaya çalışır. Bobin, oluşan öz-indüksiyon elektromotor kuvveti ile akımın değişimine direnç gösterir.



a) *DC üretecine bağlı sığaç* ***b)*** *AC üretecine bağlı sığaç*

Şekil 2.64: *DC ve AC üretecine bağlı sığaçlar*

Şekil 2.64.a'daki gibi doğru akım kaynağına bağlanan sığaç, tamamen yükleninceye kadar devredeki akım zamanla azalır. Bu sürede sığacın gerilimi artarak doğru akım kaynağının elektromotor kuvvetine zıt ve eşit büyüklüğe ulaşır. Sığaç tamamen dolduğu andan itibaren devreden akım geçmez.

Şekil 2.64.b'deki gibi alternatif akım kaynağına bağlı sığaç devresinde devrenin gerilimi sürekli değişken olduğu için sığaçtaki gerilim ile alternatif akım kaynağının gerilimi eşit oluncaya kadar akım artar. Bu gerilimler eşitlendiğinde yük akışı durur. Bu esnada gerilim yön değiştirdiğinden sığaç boşalır ve devrede ters yönde önce artıp sonra azalan bir akım ortaya çıkar.

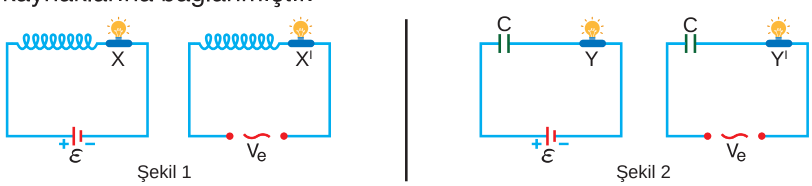
2.5.4. İNDÜKTANS, KAPASİTANS, EMPEDANS VE REZONANS

İndüktans, bobinin manyetik alan içerisinde enerji depolayabilme kapasitesine denir. İndüktans (L) sembolü ile gösterilir. Birimi henrydir (H). Alternatif akım devresinde bobinin fiziksel yapısından dolayı sahip olduğu ohmik direncinin dışında öz-indüksiyon akımı nedeniyle devre akımına karşı direnç gösterir. Bu dirence **indüktif reaktans** denir. İndüktif reaktans X_L sembolü ile gösterilir ve SI'da birimi ohmdur (Ω). İndüktif reaktans; alternatif akımın frekansına, bobinin fiziksel yapısına bağlı olarak değişir. Bobinler; ısıtıcı, hoparlör, motor, role, trafo, doğrultucu, elektromıknatıs, numaratör, osilatör, radyo ve güç kaynakları gibi elektronik devrelerde frekans ve akım şiddetlerinin ayarlanması amacıyla kullanılır. Akım değişimine gösterdiği direnç nedeni ile devre koruyucu olarak da görev yapar.

Kapasitans, sığacın yük depolayabilme kapasitesine denir. Kapasitans C sembolü ile gösterilir. Birimi faraddır (F). Doğru akım devrelerinde yük depolayabilen sığaçlar, alternatif akım devrelerinde akım yönünün ve büyüklüğünün değişmesinden dolayı sürekli dolar ve boşalır. Sığaç bu değişken akımda bir direnç meydana getirir. Bu dirence **kapasitif reaktans** denir. Kapasitif reaktans X_C sembolü ile gösterilir ve SI'da birimi ohmdur (Ω). Kapasitif reaktans alternatif akımın frekansına, sığacın fiziksel yapısına ve levhalar arasındaki yalıtkan malzemenin cinsine bağlı olarak değişir. Sığaçların fiziksel yapılarından dolayı ohmik dirençleri vardır. Bu nedenle sığaçlar elektronik devrelerde zamanla ısınır. Sığaçlar yük depolamanın dışında anlık akım kesilmesi durumunda elektronik devre elemanlarının zarar görmemesi için kısa süreliğine devreye akım sağlar. Yapısındaki sığaçlar sayesinde adaptörler, alternatif akımı (AC) doğru akıma (DC) dönüştürerek elektronik cihazların ihtiyacı olan akımı ve elektrikli aletlerde gerilim düşmesi durumunda devreye girerek devrelerin düzenli çalışmasını sağlar.

2.40. Örnek

Şekil 1'deki devrede bobin ve lambalar, Şekil 2'deki devrede ise sığaç ve lambalar doğru akım ve alternatif akım kaynaklarına bağlanmıştır.



Şekil 1 Şekil 2

Devreden akım geçtikten sonra lambaların ışık verip vermeme durumlarını gerekçelendirerek açıklayınız.

Çözüm

Doğru akım kaynağına bağlı olan bobin, devreden akım geçmeye başladığında bu akıma anlık karşı koyar. Ancak bu karşı koyma kaynaktan gelen akımı engellemeye yetmeyeceği için lamba yanar ve yanmaya devam eder. Kısaca bobin, X lambasının yanmasını engellemez sadece anlık olarak geciktirir ve direncinden dolayı parlaklığını azaltır.

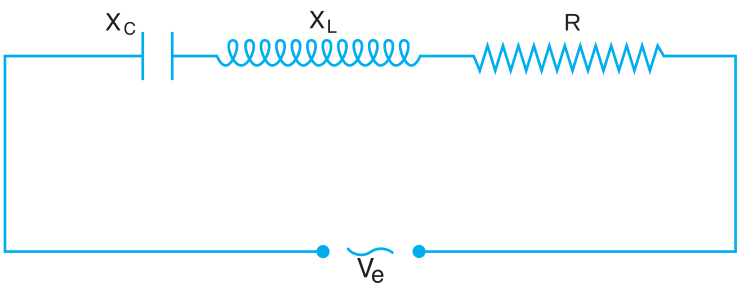
Bobin alternatif akım kaynağına bağlandığında kapalı bir anahtar gibi davranır ve akımı geçirir, X' lambası yanar ancak bobinin direncinden dolayı parlaklığı azalır.

Doğru akım kaynağına bağlı olan sığaç yükleninceye kadar lamba anlık olarak yanar. Sığaç dolduktan sonra açık anahtar gibi davranır ve akım geçirmez. Bu nedenle Y lambası bir süre yandıktan sonra söner.

Sığaç alternatif akım kaynağına bağlandığında kapalı bir anahtar gibi davranır ve Y' lambası yanar.

X_L indüktif reaktansı olan bobin, X_C kapasitif reaktansı olan sığaç ve R saf direnci seri bağlanarak bir alternatif akım devresi oluşturulabilir. Birden fazla devre elemanının kullanıldığı alternatif akım devrelerinde devre elemanlarının gösterdiği dirençlerin eş değeri bulunabilir. Bu eş değer dirence alternatif akım devresinin **empedansı** denir. Empedans Z sembolü ile gösterilir. SI'da birimi ohmdur (Ω).

Rezonans Durumu



Şekil 2.65: *Direnç, bobin ve sığacın seri bağlanmasıyla oluşturulan AC devresi*

Saf direnci R, indüktif reaktansı X_L olan bobin ve kapasitif reaktansı X_C olan sığacın seri bağlanmasıyla oluşturulan alternatif akım devresinde her bir devre elemanının direnci vardır. Bobinin indüktif reaktansı ve sığacın kapasitif reaktansı kaynağın frekansına bağlıdır. Belli bir frekans değerinde bobinin indüktif reaktansı (X_L) ile sığacın kapasitif reaktansının (X_C) eşit olması hâlinde devrede **rezonans durumu** oluşur. Bu durumu oluşturan frekansa **rezonans frekansı** denir. Rezonans hâlinde devre sadece saf dirençten oluşmuş gibi davranır. Rezonans durumunda devrenin empedansı en küçük değeri alırken akım en büyük değerini alır. Rezonans devreleri, radarların alıcı ve vericilerinin çalışma frekanslarını kontrol etmede, metal dedektörleri çalıştırmada ve radyo alıcılarında istenilen istasyon frekanslarının ayarlanmasında kullanılır.

Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

2.48. Soru

Aşağıdaki tabloda alternatif akım ile ilgili kavram ve bu kavramlara ait tanımlar verilmiştir. Tablodaki eksik yerleri doldurunuz.

Kavram	Tanımı
Kapasitans	....
....	Bobinin üzerinden geçen akımı geciktirmesi nedeniyle oluşan dirence denir.
Empedans	
....	Sığacın değişken akıma karşı gösterdiği dirence denir.
İndüktans	....

17. ETKİNLİK

Etkinlik Adı	**ALICILARINIZIN AYARLARIYLA OYNAYINIZ**	15 dk.
Amacı	Rezonans olayını açıklayabilme.	Bireysel etkinlik

Yönerge: *Aşağıdaki metni okuyup soruları cevaplayınız.*

Bir akım kaynağına bağlı devrede sığaç ve bobin aynı anda seri bağlı ise rezonans durumunda sığaçta depo edilen elektriksel enerji bir süre sonra bobindeki manyetik alan değişimine yol açar. Bobindeki manyetik alan değişimi ise öz-indüksiyon akımını doğurur ve tekrar sığacın dolmasını sağlar. Bu döngü belli bir frekans değerinde devam eder. Radyonun alıcı devresindeki sığacın levhaları arasındaki uzaklığın bir düğme yoluyla değiştirilmesi durumunda alıcının frekansı değiştirilmiş olur. Radyoda vericiden gelen yayını sese dönüştürebilmek için alıcının frekansı ile yayının frekansının eşitlenmesi gerekir.

Değerlendirme

1. Radyoda istediği kanalı dinlemek isteyen bir dinleyici, alıcısındaki frekans değeri ile yayın frekans değerini nasıl eşitleyebilir? Radyo kanalını ayarlama durumundan yola çıkarak rezonans olayını açıklayınız.

....

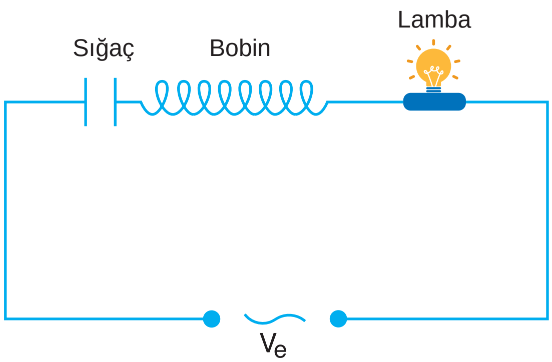
....

2. Radyonuzun alıcı devresindeki rezonans frekansını etkileyen faktörler nelerdir? Açıklayınız.

....

....

2.41. Örnek



Şekilde sığaç, bobin ve lamba ile seri bağlı alternatif akım devresi kurulmuştur. Alternatif gerilimin frekansı f iken lamba en parlak durumda yanmaktadır. Alternatif akım kaynağının etkin gerilimi değiştirilmeden frekansı önce azaltılıp sonra artırılarak lambanın parlaklıkları gözlemlenmiştir.

Alternatif akımın frekans değişimine bağlı olarak lambaların parlaklıkları ilk duruma göre nasıl değişir?

Çözüm

Alternatif akımın frekansı f iken lamba en parlak durumda olduğuna göre devre rezonans frekansındadır. Empedans ohmik dirence eşittir. Bu frekansın altında ve üstündeki değerlerde empedans artar ve devredeki akım azalır. Dolayısıyla lambanın parlaklığı azalır.

2.49. Soru

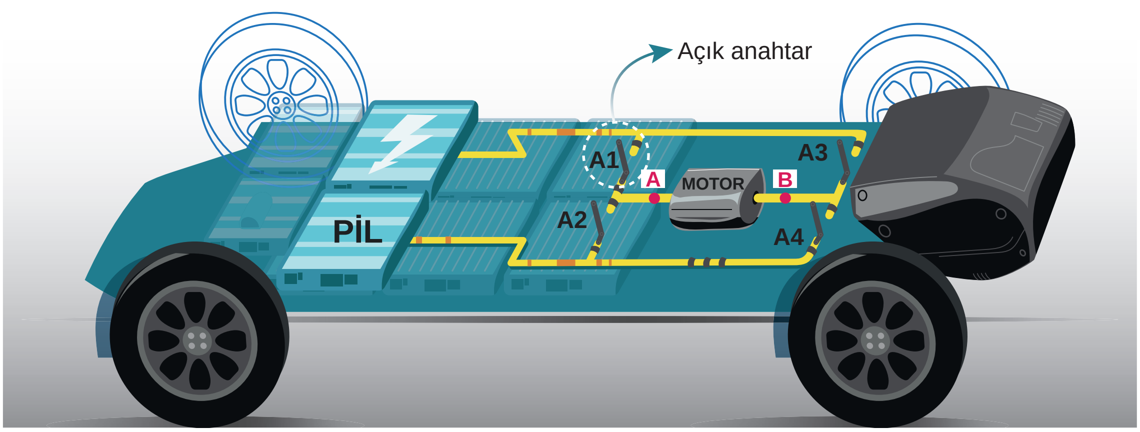
Rezonans durumu ile ilgili aşağıda verilen ifadeler doğru ise "D"yi yanlış ise "Y"yi işaretleyiniz.

1.	Her devre elemanının bir direnci vardır.	D	Y
2.	Devrenin empedansı en küçük değeri alır.	D	Y
3.	Devredeki akım en küçük etkin değeri alır.	D	Y
4.	Elektromanyetik dalgaların frekansının RC devresinin frekansına eşit olması durumudur.	D	Y
5.	Sığacın kapasitansının bobinin indüktansına eşit olması durumudur.	D	Y

18. ETKİNLİK

Etkinlik Adı	*İNVERTÖRÜN ÇALIŞMA PRENSİBİ*	*15 dk.*
Amacı	*Alternatif ve doğru akımı invertörün çalışma prensibi yardımıyla karşılaştırabilme.*	*Bireysel etkinlik*

Yönerge: *Aşağıdaki görseli inceleyerek bilgilendirme metnini okuyunuz ve verilen soruları cevaplayınız.*



Elektrikle çalışan bir arabanın motorunu çalıştıracak akım pillerden elde edilir. Piller doğru akım (DC) üretir. Motor alternatif akım (AC) ile çalışır. Bundan dolayı DC motora aktarılmadan önce AC'ye dönüştürülmelidir. İnvertör bu amaçla kullanılır. İnvertörler DC'yi AC'ye dönüştürür. AC belirli aralıklarla yönünü sürekli değiştirir. DC'nin ise zamanla yönü değişmez. A1, A2, A3 ve A4 anahtarları açık iken üzerlerinden akımın geçişine izin vermemektedir. Temsilî motorun A ve B uçlarında akımın yönü sürekli değiştirilirse motor üzerinde AC elde edilmiş olur ve motor çalışır. A2 ve A3 anahtarları birlikte kapatılıp diğer anahtarlar açık tutulursa motor üzerinden geçen akımın yönü A'dan B'ye doğru olduğuna göre

Değerlendirme

1. Temsilî motor üzerinde B'den A'ya doğru akım oluşturabilmek için anahtarların açıklık ve kapalılık durumlarını yazınız.

....

....

Devam ediyor.

2. Temsilî motorun çalışabilmesi için anahtarların zamana göre açıklık ve kapalılık durumlarını yazınız.

....

....

3. İnvertörün çalışma ilkesinden yola çıkarak AC'den DC elde etmenin mümkün olup olmadığını gerekçelendirerek yazınız.

....

....

4. AC ve DC'nin benzer ve farklı yönleri nelerdir? Yazınız.

....

....

5. BÖLÜM ÇALIŞMA SORULARI

1. Soru

I. Buzdolabı alternatif akım ile çalışır.

II. Dizüstü bilgisayar prizden alternatif akımı alarak içindeki dönüştürücüler ile doğru akımı kullanarak çalışır.

III. Kumanda doğru akım ile çalışır.

IV. Şarjlı el süpürgesi alternatif akım ile çalışır.

Yukarıdaki ifadelerden hangileri doğrudur?

2. Soru

Alternatif akım ve doğru akımla ilgili olarak

I. Doğru akımda akımın yönü değişmezken büyüklüğü zamanla değişir.

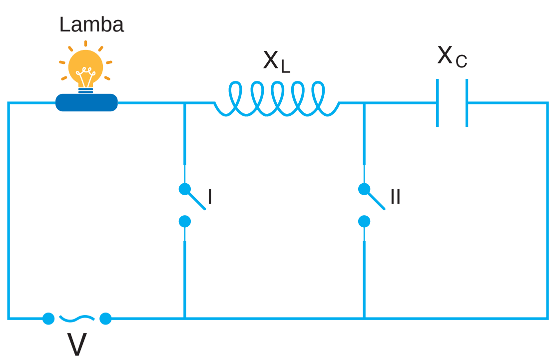
II. Pil ve akü doğru akım kaynaklarıdır.

III. Alternatif akım, elektrik enerjisinin uzak mesafelere iletilmesinde doğru akıma göre dezavantajlıdır.

IV. Alternatif akım doğru akıma dönüştürülebilir.

ifadelerinden yanlış olanları bulunuz ve yanlış ifadelerin doğrusunu yazınız.

3. Soru



Saf direnci R olan lamba, indüktif reaktansı X_L olan bobin ve kapasitif reaktansı X_C olan sığaç ile I ve II nolu anahtarlar kullanılarak alternatif akım devresi kurulmuştur. X_L ile X_C nin değerleri birbirine eşittir. I ve II No.lu anahtarlar açıkken lamba yanmaktadır.

Lambanın daha parlak yanması için I ve II No.lu anahtarlardan hangileri açık ya da kapalı konumda olmalıdır?

2.6. TRANSFORMATÖRLER

HAZIR MISINIZ?

KABLOSUZ GÜÇ TRANSFERİ DENEMELERİ



Kablosuz güç transferi konusu bir asır önce Nikola Tesla'nın (Nikola Tesla) öne sürdüğü bir fikir olup ve son dönemdeki önemli araştırma konuları arasında yer almıştır. Tesla iletkenler olmadan dünyanın her tarafına elektrik enerjisini kablosuz olarak aktarmak için birçok araştırma yapmıştır. Alternatif akımın ışıma karakteristiği sayesinde dünya yüzeyinde alıcı antenler vasıtasıyla elektriğin kablosuz olarak optimum noktalara iletilmesini umuyordu.

Tesla 1899 yılında Colorado Springs Electric Company (Kolorado Sipring Elektrik Kampani) laboratuvarında kablolar olmadan elektrik aktarma konusundaki ilk girişimini gerçekleştirdi. Büyük kare şeklinde bir binada yaklaşık 61 metre yüksekliğinde direğe 1 metre çapında büyük bakır bir küre inşa etti. Tesla bobini 150 kHz frekansla rezonansa tabi tutuldu ve laboratuvardan elde edilen 300 kW düşük frekanslı güçle beslendi. Tesla 'ya göre bobinin çıkış direği enerjilendiğinde küre üzerinde 100 MV enerji potansiyeli üretildiği belirtilmiştir. Dünya yüzeyine göre bu kadar yüksek bir potansiyel, dünyanın her yanından görünür deşarjlara neden olduğu ve bununla birlikte, bu gücün ne kadarının uzaya yayıldığına ve ne kadarının uzak bir noktada toplanıp toplanmadığına dair net bir kayıt yoktur.(...)

*Genel ağdan kısaltılarak alınmıştır.**

Metne göre Tesla, deneyinde tasarladığı sisteme neden ihtiyaç duymuştur?

....

....

....

....

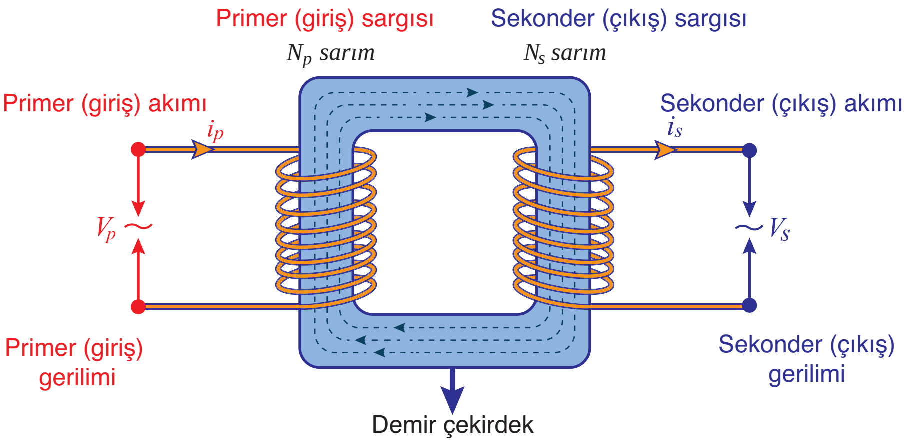
....

....

....

(*) Metin, yazıldığı dönemin yazım ve noktalama kurallarına sadık kalınarak alınmış olup günümüz yazım ve noktalama kurallarına göre değişiklik yapılmamıştır.

2.6.1. TRANSFORMATÖRLERİN ÇALIŞMA PRENSİBİ



Şekil 2.66: *Transformatör*

Alternatif akımda gerilimi yükseltmek ya da alçaltmak için kullanılan araçlara **transformatör (trafo)** denir.

Şekil 2.66'daki gibi transformatörler bobinlerden oluşur. Bobinlerden biri alternatif akım kaynağına bağlanır. Bu bobine primer (birincil/giriş) bobin denir. Primer bobinin uçları arasındaki gerilim **primer gerilim** (V_p), üzerinden geçen akım **primer akım** (i_p) ve bobinin sarım sayısı da **primer sarım** (N_p) olarak adlandırılır. Primer bobine bağlanan alternatif akım kaynağı bu bobinde değişken bir manyetik akı meydana getirir. Bu manyetik akı değişimi, demir çekirdek yardımıyla diğer bobine taşınarak bu bobinde indüksiyon elektromotor kuvveti ve indüksiyon akımı oluşmasını sağlar. İndüklenen bu bobine de sekonder (ikincil/çıkış) bobin denir. Sekonder bobinin uçları arasındaki gerilim **sekonder gerilim** (V_s), üzerinden geçen akım **sekonder akım** (i_s) ve bobinin sarım sayısı da **sekonder sarım** (N_s) olarak adlandırılır. Bobinlerin sarım sayıları ve gerilimleri arasında

$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s}$ şeklinde doğru orantı vardır.

Her sistemde olduğu gibi transformatörlerde de enerji kaybı meydana gelir. Transformatörler çalışırken ısınır ve verilen enerjinin bir kısmı ısı enerjisine dönüşür. Enerji kaybı çok olan transformatörlere **ideal olmayan transformatörler** denir. Enerji kaybının olmadığı bir transformatör yoktur. Fakat kayıpların ihmal edilebilecek kadar az olduğu transformatörler bulunmaktadır. Enerji kaybının olmadığı kabul edilen bu transformatörlere **ideal transformatörler** denir.

İdeal transformatörlerde primer bobindeki güç (P_p) sekonder bobindeki güce (P_s) eşit olur. Buradan

$$P_p = P_s$$

$$V_p \cdot i_p = V_s \cdot i_s$$

$\frac{V_p}{V_s} = \frac{i_s}{i_p}$ olarak bulunur.

Bağıntı, sarım sayısı ve gerilim arasındaki doğru orantıyla birlikte

$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{i_s}{i_p}$ olur.

AKLINDA BULUNSUN

Transformatörün sarım sayısı $N_p > N_s$ ise primer gerilim sekonder gerilimden daha büyük olur. Bu tip transformatörlere gerilim alçaltıcı transformatörler denir.

Transformatörün sarım sayısı $N_s > N_p$ ise primer gerilim sekonder gerilimden daha küçük olur. Bu tip transformatörlere gerilim yükseltici transformatörler denir.

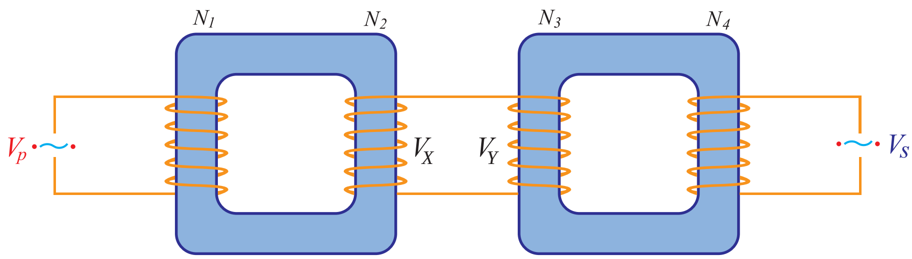
Bir transformatörlerin verimi

$$Verim = \frac{Alınan\ güç\ (P_s)}{Verilen\ güç\ (P_p)}$$

$$Verim = \frac{V_s \cdot i_s}{V_p \cdot i_p}$$

bağıntısından bulunur.

Verim bağıntısından elde edilen sonuç yüz ile çarpıldığında ise transformatörün verimi yüzde (%) olarak bulunur. İdeal transformatörlerde verim %100'dür.



Şekil 2.67: *Birden fazla transformatörün bulunduğu sistem*

Konu ile ilgili simülasyon için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

Şekil 2.67'deki gibi birden fazla transformatörün bağlı olduğu sistemlerde sarım sayıları (N_1, N_2, N_3, N_4) ve gerilimler (V_P, V_X, V_Y, V_S) arasındaki ilişki için

$\frac{V_P}{V_X} = \frac{N_1}{N_2}$ ve $\frac{V_Y}{V_S} = \frac{N_3}{N_4}$ bağıntıları yazılabilir.

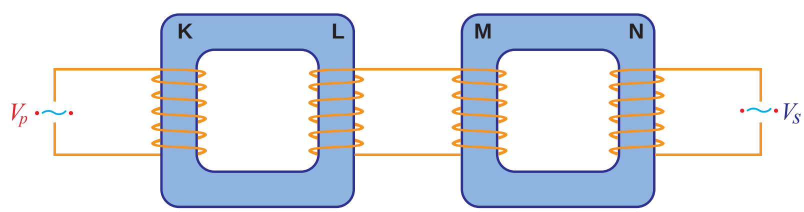
Burada V_X ve V_Y potansiyelleri aynı iki nokta arasında yer aldıklarından eşit değerdedir. Buna göre V_P ve V_S potansiyelleri arasındaki ilişki

$$V_s = V_p \cdot \frac{N_2 \cdot N_4}{N_1 \cdot N_3}$$

bağıntısı ile bulunur.

2.42. Örnek

İdeal transformatörlerden oluşan şekildeki sistemde primer potansiyel V_P ve sekonder potansiyel $V_S$dir.



K, L, M ve N transformatördeki bobinlerin sarım sayılarını temsil ettiğine göre Vs sekonder potansiyeli arttırmak için

I. K ve M sarım sayıları artırılmalı

II. K sarım sayısı artırılmalı, N sarım sayısı azaltılmalı

III. L sarım sayısı artırılmalı, M sarım sayısı azaltılmalı

işlemlerinden hangilerinin tek başına yapılması yeterlidir?

Çözüm

$V_s = V_p \cdot \frac{L \cdot N}{K \cdot M}$ bağıntısından

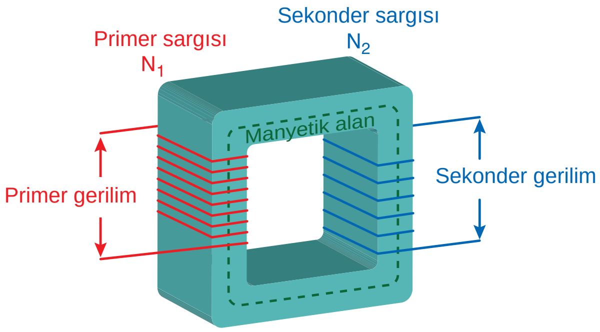
I. K ve M sarım sayıları artırıldığında V_s azalır.

II. K sarım sayısı artırılıp N sarım sayısı azaltıldığında V_s azalır.

III. L sarım sayısı artırılıp M sarım sayısı azaltıldığında V_s artar.

Bu durumda sadece III. öncülün tek başına yapılması yeterlidir.

2.50. Soru



a) Primer bobinine alternatif akım kaynağı bağlanması ile oluşturulan primer sarım sayısı N_1 ve sekonder sarım sayısı N_2 olan transformatörün çalışma prensibini açıklayınız.

....

....

....

....

....

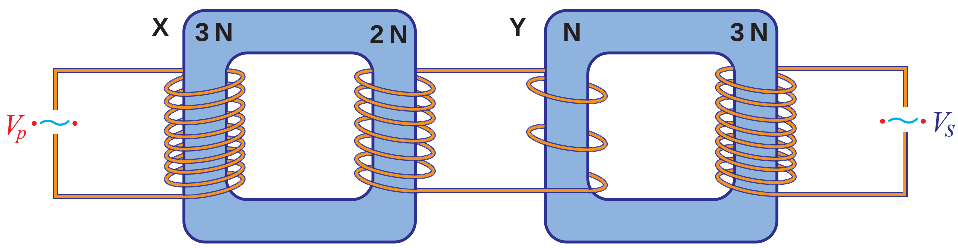
b) Transformatörün primer bobinine alternatif akım yerine doğru akım kaynağı bağlandığında transformatörün nasıl davranacağını transformatörlerin çalışma ilkesini dikkate alarak açıklayınız.

....

....

....

2.51. Soru



X ve Y transformatörlerinden oluşan şekildeki sistemde X transformatörünün bobinlerinin sarım sayıları sırasıyla 3N ve 2N, Y transformatörünün bobinlerinin sarım sayıları sırasıyla N ve 3N'dir. X transformatörüne V_p primer gerilim uygulandığında Y transformatöründen V_s sekonder gerilim alınmaktadır.

Buna göre ayrı ayrı X ve Y transformatörlerinin ve bu transformatörlerin birlikte oluşturduğu sistemin gerilim alçaltıcı veya gerilim yükseltici olma durumunu gerekçelendirerek açıklayınız.

....

....

....

....

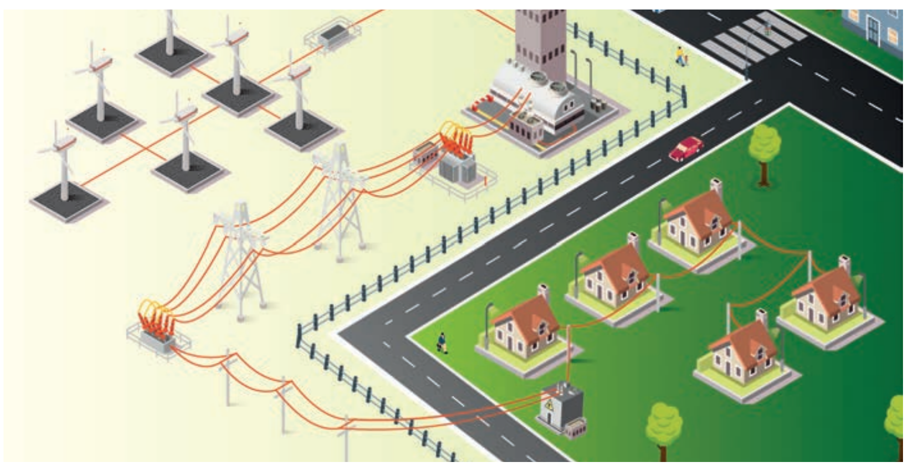
Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

2.6.2. TRANSFORMATÖRLERİN KULLANIM AMAÇLARI

Telefon, dizüstü bilgisayar vb. cihazları şarj ederken adaptörler kullanılır. Adaptörlerin içlerinde transformatör ve akım doğrultucu devreler vardır. Ev şebekesinde bulunan 220 V alternatif gerilim, transformatörlerin gerilim alçaltıcı özeliğinden yararlanılarak telefon veya dizüstü bilgisayar için uygun voltaj değerine düşürülür. Akım doğrultucu da alternatif akımı doğru akıma çevirir.

ARAŞTIR-I-YORUM

İçerik	*Transformatörlerin kullanıldığı yerleri araştırma.*
Süre	*10 gün*
Yetkinlikler	*Matematiksel yetkinlik ve bilim/teknolojide temel yetkinlikler, öğrenmeyi öğrenme.*
Beklenen Performans	*Araştırma yapma, rapor hazırlama, sunum yapma.*
Yönerge	Transformatörlerin kullanıldığı yerleri araştırınız. Araştırma sonucunda karekodda verilen araştırma formunu ve değerlendirme bölümünde verilen öz değerlendirme formunu doldurunuz. Doldurduğunuz araştırma formunu sınıfta paylaşınız. *Araştırma formu için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.*
Değerlendirme	*Öz değerlendirme formu için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.*



Şekil 2.68: *Santrallerde üretilen elektriğin yerleşim yerlerine aktarımı*

Elektrik enerjisinin kullanım alanlarına (ev, fabrika, iş yeri vb.) taşınma sürecinde de transformatörlerden yararlanılır (Şekil 2.68). Uzak mesafelere taşınması gereken elektrik enerjisinin bir miktarı taşıma sırasında tellerdeki dirençten dolayı ısı enerjisine dönüşür. Bu nedenle transformatörler sayesinde tellerdeki gerilim kV mertebelerine yükseltilir ve akım düşürülür. Taşınan elektrik enerjisi kullanım alanlarına dağıtılmadan önce yine transformatörler sayesinde gerilim 220 V değerine düşürülür. Elektrik enerjisi, elektrik santrallerinden kullanım alanlarına gelinceye kadar transformatörlerin hem gerilim yükseltici hem de gerilim alçaltıcı özelliğinden yararlanılır.

Konu ile ilgili soru için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

6. BÖLÜM ÇALIŞMA SORULARI

1. Soru

Transformatörler ile ilgili verilen metni okuyunuz. Bilinçli olarak verilen hatalı ifadeleri bulunuz ve hatalı ifadelerin yerlerine doğru ifadeleri yazınız.

Transformatörler, demir bir çekirdeğe sarılı primer ve sekonder olarak adlandırılan bobinlerden oluşur. Doğru akım kaynağına bağlı primer bobinin üzerindeki akı değişimi sekonder bobini de etkileyerek sekonder bobinde bir öz-indüksiyon akımı oluşmasını sağlar. Transformatörlerin bobinlerindeki gerilim ise bobinlerin sarım sayıları ile ters ve oluşan akımla doğru orantılıdır. Transformatörlerde enerji kaybı olmamaktadır.

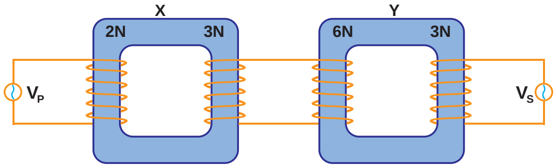
2. Soru

İdeal olan ve olmayan transformatörleri birbirinden ayıran temel fark nedir? Yazınız.

3. Soru

İdeal bir transformatörün primer sarım sayısının artmasının sekonder sarım sayısına, primer ve sekonder gerilimine etkisi ne olabilir?

4. Soru



Şekildeki gibi bağlanmış transformatörlerden X'in sarım sayısı 2N ve 3N, Y'nin sarım sayısı ise 6N ve 3N'dir.

a) X ve Y transformatörünün ve bu transformatörlerden oluşan sistemin gerilim alçaltıcı veya yükseltici olma durumlarını yazınız.

b) X transformatörünün girişine 20 V alternatif gerilim uygulandığında Y transformatörünün çıkış gerilimi (V_s) kaç volt olur?

5. Soru

Santrallerde üretilen elektrik enerjisinin evlere ulaşması sürecinde transformatörlerin kullanım amaçlarını açıklayınız.

2. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1-10. sorulardaki boş bırakılan yerleri uygun kavramlarla tamamlayınız.

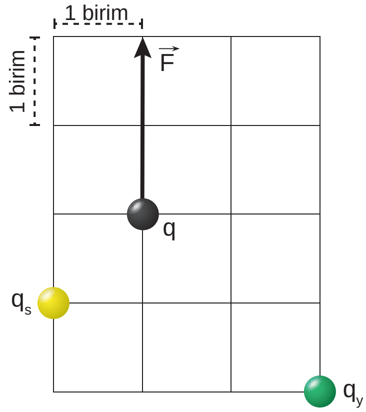
1. Paralel iletken levhalara .... bağlı ise levhalar arasında düzgün bir elektrik alan oluşur.
2. Üzerinden elektrik akımı geçirilen iletken düz bir telin çevresinde merkezi tel olan çember biçiminde .... oluşur.
3. Manyetik akıdaki değişime karşı koyacak yönde .... akımı oluşur.
4. Elektrik yükünü dolayısıyla elektriksel potansiyel enerjiyi depolamak için kullanılan cihazlara .... denir.
5. Düzgün manyetik alan içinde üzerinden akım geçen tele .... etki eder.
6. Akım makarası olan bir devrede devre akımı değişirse ikinci bir elektrik akımı oluşur. Bu akıma .... denir.
7. İletken maddelerin sahip olduğu yük miktarına bağlı olarak depo ettikleri elektriksel potansiyel enerjinin ölçüsüne .... denir.
8. Yüklerdeki çekme veya itme kuvvetlerinden kaynaklanan durum enerjisine .... denir.
9. Elektrik yüküne etki eden elektriksel kuvvet varsa o yükün bulunduğu bölgede .... vardır.
10. Alternatif akımın gerilimini yükseltmek ya da düşürmek amacıyla kullanılan araçlara .... denir.

11-20. sorulardaki ifadeler doğru ise "D"yi, yanlış ise "Y"yi işaretleyiniz. Yanlış olduğunu düşündüğünüz ifadelerin karşısına doğrusunu yazınız.

11.	Elektrik alan çizgilerinin pozitif yükten negatif yüke doğru yöneldiği kabul edilir.	D	Y	
12.	Zamanla yönü ve büyüklüğü değişmeyen akıma alternatif akım denir.	D	Y	
13.	Tesla manyetik akı birimidir.	D	Y	
14.	Yüklü iki küresel cismin merkezlerini birleştiren doğru üzerinde eşit büyüklükte ve zıt yönde oluşan kuvvete elektriksel kuvvet adı verilir.	D	Y	
15.	Sığacın yük depolayabilme kapasitesine empedans denir.	D	Y	
16.	Bir alternatif akım kaynağına bağlanmış olan akım makarası üzerinden geçen alternatif akımı geciktirmesi nedeniyle oluşan dirence indüktans denir.	D	Y	
17.	Bir alternatif akım devresinde saf direnç, akım makarası ve sığaç devre elemanı olarak kullanılır.	D	Y	
18.	Elektriksel potansiyel vektörel bir büyüklüktür.	D	Y	
19.	Elektromotor kuvveti (emk) üretecin potansiyel farkına eşittir.	D	Y	
20.	Alternatif akım devresinde akım makarasının indüktif reaktansı ile sığacın kapasitif reaktansının eşit olması hâline rezonans denir.	D	Y	

21-25. çoktan seçmeli soruları okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

21.



Eşit bölmelendirilmiş yatay düzlemde verilen sarı, yeşil ve siyah renkteki yüklü cisimlerin yükleri sırasıyla q_s, q_y ve q'dur.

Siyah cisme etki eden bileşke elektriksel kuvvet F büyüklüğünde olduğuna göre sarı ve yeşil renkteki cisimlerin yükleri oranı q_s / q_y kaçtır?

A) 1/4 B) 1/3 C) 1/2 D) 1 E) 4

22. Aşağıdakilerden hangisinin içeriğinde transformatör bulunmaz?

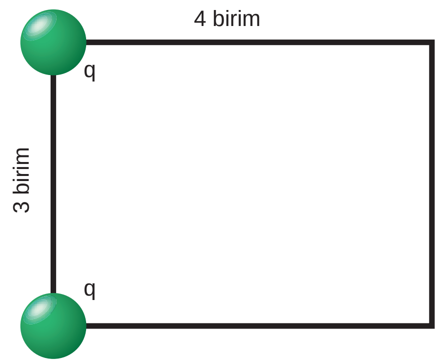
A) Akü
B) Cep telefonu şarj cihazları
C) Elektrik santralleri
D) Masa lambası
E) Radyo adaptörü

23. Bir kenarının uzunluğu a olan kare şeklindeki paralel levhalara sahip bir kondansatörün kapasitesi C kadardır.

Kondansatörün levhaları arasındaki uzaklık ve ortam değiştirilmeden levhalar bir kenarı a olan eşkenar üçgenlere dönüştürüldüğünde yeni kondansatörün kapasitesi kaç C olur?

A) $\frac{1}{4}$ B) $\sqrt{\frac{3}{4}}$ C) 1 D) 2 E) 3

24. Şekilde kenar uzunlukları 3 birim ve 4 birim olan dikdörtgenin köşelerine konulmuş q yüklü cisimlerin elektriksel potansiyel enerjisi W büyüklüğündedir.

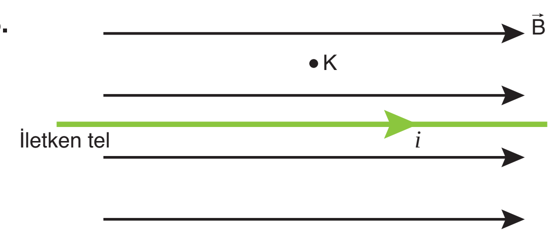


Dikdörtgenin sınırladığı alanda cisimler arasındaki uzaklığın en büyük değere getirilmesi için yapılan iş kaç W olur?

(Sürtünmeleri ihmal ediniz.)

A) -3W/2 B) -W/4 C) -2W/5 D) 2W/5 E) 4W

25.



B büyüklüğündeki manyetik alan çizgileri, içinden akım geçen tel ve K noktası aynı düzlemdedir.

İletken telin K noktasında oluşturduğu manyetik alan B büyüklüğünde olduğuna göre K noktasındaki bileşke manyetik alanın büyüklüğü kaç B'dir?

A) 4 B) 3 C) $\sqrt{3}$ D) $\sqrt{2}$ E) 1

Diğer ünite sonu ölçme ve değerlendirme soruları için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

Etkileşimli ölçme ve değerlendirme soruları için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

SÖZLÜK

A	
adaptör	*: Aygıtın kullanabileceği düzeye göre elektrik akımını ayarlayan alet, uyarlayıcı.*
aktarım	*: Aktarma işi, nakil.*
akü	*: Elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depolayan, istenildiğinde bunu elektrik enerjisi olarak veren cihaz, akımtoplar.*
anlık	*: Kısa süren, bir an içinde olan, enstantane.*
araknoloji	*: Örümceklerle ilgilenen bilim dalı.*
avantaj	*: Üstünlük sağlayan şey.*
B-C-Ç	
bağıl	*: Kendine özgü bir kımıldanışı olduğu hâlde başka bir cisme uyarak sürüklenen cismin görünürdeki kımıldanışının niteliği.*
bant	*: Katı hâl fiziğinde bir elektronun sahip olabileceği enerji aralığı.*
bijon anahtarı	*: Araba tekerleklerinin somunlarını sökmek için kullanılan alet.*
birim	*: Bir niceliği ölçmek için kendi cinsinden örnek seçilen değişmez parça.*
boyut	*: Bir cismin herhangi bir yöndeki uzantısı.*
bulgu	*: Araştırma verilerinin çözümlenmesinden çıkarılan bilimsel sonuç, netice.*
cihaz	*: Aygıt, alet, takım.*
cisim köşegeni	*: Prizma gibi cisimlerdeki bir köşenin kendine en uzak köşe ile arasında olduğu varsayılan doğru parçası.*
D	
dedektör	*: Gaz, mayın, radyoaktif mineral, manyetik dalga vb.ni bulmaya, tanımaya yarayan cihaz; algılayıcı.*
dezavantaj	*: Avantajlı olmama durumu.*
dielektrik	*: Belli bir sıcaklığa dek ısı, elektrik, ses vb. biçimlerde erkeyi iletmeyen; yalıtkan.*
dinamo	*: Herhangi bir mekanik enerjiyi elektrik akımına çeviren aygıt; elektrik üreteci.*
diyagram	*: Herhangi bir olayın değişimini gösteren grafik.*
doğrultu	*: Belli bir sonsuz doğrunun belirttiği tek yol, istikamet.*
doğrultucu	*: Alternatif akımı doğru akıma çevirmek için kullanılan elektriksel bir devre.*
E-F	
elektroliz	*: Bir elektrik akımının etkisiyle ortaya çıkan kimyasal ayrışma.*
elektromıknatıs	*: İçinde manyetik akıyı toplayıp arttırıcı bir yumuşak demir bulunan, bobin veya bobinlere doğru akım geçirilerek elde edilen mıknatıs.*
endüvi	*: Doğru akım motorlarının dönen kısmı.*
enzim	*: Bir kimyasal tepkimeyi gerçekleştiren ve onu hızlandıran, çoğunlukla protein yapısında olan organik madde.*
fonksiyon	*: Bir veya birçok değeri değişebilen niceliklere bağlı olarak değişen nicelik.*
G-H	
geçirgenlik	*: Bazı cisimlerin, içlerinden gaz, sıvı, akım vb. geçirme özelliği.*
hız seçici	*: Yüklü parçacığa hem elektrik hem de manyetik kuvvet etki ettirelerek parçacıkların belirli bir hızda hareket etmesi.*
hidroelektrik	*: Su gücüyle elde edilen elektrik enerjisi.*
hipotez	*: Araştırmanın başlangıcında henüz doğruluğu veya yanlışlığı kestirilemeyen bir öneri veya ön beklenti; varsayım.*
homojen	*: Bütün terimleri aynı derecede olan.*
hoparlör	*: Elektrik dalgalarını ses dalgasına çeviren ve gerektikçe sesi yükselten alet.*
I-İ	
ideal	*: Düşüncenin tasarlayabileceği bütün üstün nitelikleri kendinde toplayan.*
invertör	*: Doğru akımı alternatif akıma çeviren cihaz.*
iz düşümü	*: Bir cismin, bir düzlem üzerine, ışınların etkiyle düşürülen görüntüsü.*
J-K-L	
jiroskop	*: Kütle merkezi sabit olmasına rağmen her yere dönebilen tekerlek.*
kama	*: Kütüğü yarmak için kullanılan ucu sivri, yassı, enli çivi, takoz, kıskı.*
kesit	*: Bir şey enlemesine veya boylamasına kesildiğinde ortaya çıkan yüzey.*
keski	*: Ağaç, taş, metal vb.ni yontmaya yarayan, bir ucu keskin çelik araç.*
kroki	*: Bir konu veya nesnenin başlıca özelliklerini yansıtacak biçimde hazırlanmış taslak.*
kutup	*: Elektrik akımını oluşturan gerilim ayrılığının en yüksek dereceyi bulduğu iki noktadan her biri.*

M-N	
mika	*: Püskürük ve başkalaşmış kayalar içinde bulunan, alüminyum silikat ile potasyumdan oluşmuş, yapraklar durumunda ayrılabilen, ateşe dayanıklı parlak bir mineral, evren pulu.*
model	*: Tasarlanan ürünün tanıtım veya deneme amacıyla üretilen ilk örneği, prototip.*
navigasyon cihazı	*: Yol bulma cihazı.*
numaratör	*: Baskı düzeni bir hesap makinesinin çarklarına benzer çarklardan oluşan ve ilerlemesi vurmayla sağlanan bir numaralama aracı.*
O-Ö	
orijin	*: Başlangıç, kaynak.*
osilatör	*: Elektrik sinyalleri üreten, geri beslemeli yükseltici devreler.*
özdeş	*: Her türlü nitelik bakımından eşit olan, aralarında fark bulunmayan.*
özgü	*: Aynı cinsten başka hiçbir türde veya bireyde rastlanılmayan, öze, has, mahsus.*
P	
parabol	*: Bir düzlemin odak denen sabit bir noktadan ve doğrultman denen sabit bir doğrudan eşit uzaklıktaki noktalarının geometrik yeri, yarı kübik.*
piezoelektrik	*: Kristal, kuvars gibi bazı maddelerin üzerine uygulanan mekanik baskı yoluyla elektrik üretilmesi.*
plaka	*: Çeşitli kalınlıklarda metal levha, plak.*
primer	*: Birinci derecedeki, birincil, ilk, esas.*
R	
radyoaktif madde	*: Çekirdek bozunması ile ışın verebilen madde.*
radyo alıcısı	*: Radyo dalgalarını alıp, taşıyan ve bilgileri kullanışlı bir hale dönüştüren elektronik bir cihaz.*
radyo vericisi	*: Yayın yapan radyo programlarının konutlardaki alıcılara ulaştırılmasını sağlayan cihaz.*
reosta	*: Elektrik akımının büyüklüğü azaltıp çoğaltmaya yarayan araç, dimmer.*
rota	*Bir gemi veya uçağın gidiş yönü, izleyeceği yol.*
rotor	*: Dalgalı akımlı elektrik motor veya dinamolarında hareketli bölüm, döneç.*
röle	*: Bir elektrik devresinde, kimi koşullar gerçekleştiği zaman bir değişim oluşturmaya ya da bir devreyi açmaya ya da kapamaya yarayan cihaz.*
römork	*: Başka bir taşıt tarafından çekilen motorsuz taşıt.*
S-Ş	
santral	*: Doğadaki başka enerji türlerini elektrik enerjisine çeviren fabrika.*
sekonder	*: İkinci derecedeki, ikincil, sekunder.*
sensör	*: Önceden belirlenmiş ışığı veya nesneyi algılayıp gerekli hareketi başlatan aygıt, duyarga.*
somun	*: Cıvatanın ucuna geçirilen, içi yivli demir başlık.*
stator	*: Dalgalı akımlı elektrik motor veya üreteçlerinde hareketsiz bölüm.*
şaft	*: Bir makinenin dönme hareketini öteki parçalara aktaran demir mil.*
T-U-Ü	
takoz	*: Bir eşyanın altına kıpırdamadan dik durması için yerleştirilen ağaç kama, kıskı.*
teğet	*: Bir eğrinin yanından geçen ve ona ancak bir noktada değen doğru, mümas.*
telekomünikasyon	*: Haber, yazı, resim, sembol veya her çeşit bilginin tel, radyo, optik vb. elektromanyetik sistemlerle iletilmesi, bunların yayımı veya alınması.*
teorik	*: Kuramla ilgili, kuram durumunda bulunan, kuram niteliğinde olan; nazari, uygulamalı karşıtı.*
trafo	*: Yüksek gerilim hattından aldığı elektriği şehrin şebekesinde kullanılabilecek seviyeye düşüren dönüştürücünün bulunduğu yer.*
tramvay	*: Şehirlerde yol üzerinde döşenmiş özel raylarda hareket eden yolcu taşıtı.*
V-Y-Z	
voltaj	*: Bir iletkenin uçları arasındaki gizil güç farkı, potansiyel farkı.*
zooloji	*: Biyolojinin, hayvanların yapı, görev, davranış ve sınıflandırmaları, yeryüzündeki dağılışlarıyla uğraşan bilimdalı.*

Kitapta yer alan soruların cevap anahtarına ulaşmak için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

KAYNAKÇA

Beichner, R. J. ve Serway, R. A. (2012). *Fen ve mühendislik için fizik 1.* (K. Çolakoğlu, Çev.). Ankara: Palme Yayıncılık.

Beichner, R. J. ve Serway, R. A. (2011). *Fen ve mühendislik için fizik 2.* (K. Çolakoğlu, Çev.). Ankara: Palme Yayıncılık.

Çepni S., Ayas A., Johnson D., Turgut F. (1997). *Fizik öğretimi.* Ankara: YÖK Yayınları.

Giancoli, D. G.(2009). *Fen bilimleri ve mühendisleri için fizik.* (Prof. Dr. Gülsen Önengüt). Ankara: Akademi.

Griffiths, D. J. (1991). *Elektromagnetik teori.* (B. Karaoğlu, Çev.). İstanbul: Güven Yayınevi.

Halliday, D. ve Resnick, R. (1990). *Fiziğin temelleri. (C. Yalçın, Çev.)*. Ankara: Arkadaş Yayınevi.

Karaoğlu, B. (2020). *Üniversiteler için fizik* (Cilt 1,2). Ankara: Seçkin.

Mazur, E. (2015). *Fizik ilkeler ve pratik* (Cilt1). (A. Verçin ve A.U. Yılmazer, Çev.). Ankara: Pearson.

MEB (2018). *Ortaöğretim Fen Lisesi Fizik Dersi Öğretim Programı.* Ankara.

Ozan, C. (2018). *Grup çalışması becerileri ölçeğinin Türkçeye uyarlanması.* Ankara: Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi 51(3).

Özder Ö, (2020). *Kablosuz güç transferinde kullanılan bobin yapılarının incelenmesi.* (Yüksek lisans tezi). Balıkesir.

Şen, A.İ., Akdeniz A.R. (2017). *Fizik öğretimi.* Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.

TDK *Türkçe sözlük.* (2012). Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.

TDK *Yazım kılavuzu.* (2012). Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları

Young, H. D. ve Freedman, R. A., (2017). *Üniversite fiziği* (Cilt 1, 2). (A. T. Hilmi Ünlü, Çev.). İstanbul: Pearson.

NOT: Kaynakça APA 6 formatına göre hazırlanmıştır.

KAREKOD KAYNAKÇASI

1. Ünite 5. Bölüm (İki boyutta hareket sim.)

https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion_tr.html

1. Ünite 5. Bölüm (Eğik atış hareketi sim.)

https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion_tr.html

2. Ünite 1. Bölüm (Yüklü cisimler sim.)

https://phet.colorado.edu/sims/html/coulombs-law/latest/coulombs-law_en.html

2. Ünite 3. Bölüm (Sığa sim.)

https://phet.colorado.edu/sims/html/capacitor-lab-basics/latest/capacitor-lab-basics_tr.html

2. Ünite 3. Bölüm (Sığanın bağlı olduğu değişkenler sim.)

https://phet.colorado.edu/sims/html/capacitor-lab-basics/latest/capacitor-lab-basics_tr.html

2. Ünite 4. Bölüm (Faraday yasası sim.)

https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/faraday/latest/faraday.html?simulation=faraday&locale=tr

2. Ünite 4. Bölüm (Elektromotor kuvvetini oluşturan sebepler sim.)

https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/faraday/latest/faraday.html?simulation=faraday&locale=tr

2. Ünite 5. Bölüm (AC ve DC devrelerinde direnç bobin ve sığaç sim.)

https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab_tr.html

Görsel, şekil, genel ağ ve elektronik içerik kaynakçasına ulaşmak için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.